

فهرست مطالب

فصل اول - معرفی گل حفاری و شرح وظایف آن

۱	فازهای
۶	فاز جامد
۷	مواد ذرات ازرا
۱۲	وظایف گلهای حفاری

فصل دوم - شیمی خاک رس (۱۹)

۲۰	تشکیل رسها در طبیعت
۲۲	انواع گلهای رسی
۲۴	ساختار شیمیایی پایدیلایت ، مونت موریلونایت و بده لایت
۳۱	مقایسه بنتونایت و رسهای تجارتی از نظر FLUID LOSS , THIXOTROPY , VISCOSITY
۳۴	تبلور رسها
۴۲	انواع اتصالات صفحات رس بکدیگر
۴۳	بازدهی رسها
۴۷	عوامل مؤثر در بازدهی رسها
۴۸	رس آب شور یا ATTAPULGITE CLAY
۴۹	PREHYDRATION رسها شیرین
۵۰	اثر pH روی بنتونایت
۵۱	اثر سدیم کلراید و کلسیم کلراید روی گرانروی PREHYDRATED BENTONITE
۵۲	اثر نمکهای یک ظرفیتی غشی بر کارآئی بنتونایت
۵۷	ملاحظات مربوط به افزایش دکامپس وزن مخصوص گلهای حفاری

فصل سوم - علم حرکت یا RHEOLOGY گلهای حفاری (۶۳)

۶۴	STRAIN , STRESS
۶۴	SHEAR RATE , SHEAR STRESS
۶۶	منوم گرانروی
۶۸	ابزار اندازه گیری گرانروی (گرانروی سنج ای دوار ، موئینه و قیفی)
۷۳	جدول انواع سیالات

سیالهای نیوتونی	۷۳
سیالهای غیر نیوتونی	۷۵
مدل پلاستیک بingham	۷۸
THIXOTROPIC , DILATANT , PSEUDOPLASTIC سیالهای	۸۱
COMPLEX , VISCOELASTIC , RHEOPECTIC سیالهای	۸۲
PLASTIC VISCOSITY	۸۳
YIELD POINT	۸۸
GEL STRENGTH	۸۹
FUNNEL VISCOSITY , APPARENT VISCOSITY	۹۱
مدل پاورلا	۹۱
مماسه k, n بردش ریاضی	۹۳
مماسه k, n بردش تجربی	۹۴
رابطه k, n با YP, PV	۹۶
نتیجه گیری	۹۷
مدل سه پارامتری	۹۸
رقابت نیوسوتراپیک گلهای حنای	۹۹
تیزها و اصول در ماههای سیمیایی	۱۰۱
تیزهای معدنی	۱۰۲
تیزهای آلی	۱۰۴
موارد استفاده تیزها	۱۱۱
<u>فصل چهارم - هایپرولینز گلهای حنای (۱۱۵)</u>	
ANNULAR VELOCITY	۱۱۶
مراحل پنجگانه جریان	۱۱۸
ظرفیت حمل گلهای حنای	۱۲۱
فرمولهای سرعت سقوط ذرات جامد	۱۲۵
افت فشار سیالی که در یک لوله حرکت میکنند	۱۲۹
مماسه افت فشار در سیستم گردش گل حنای (و تئیه گل مدل پلاستیک بingham باشد)	۱۳۲
مماسه افت فشار در ANNULUS (و تئیه گل مدل پاورلا باشد) - روش ریاضی	۱۴۳

فصل پنجم - ابزار و روشها آزمایش گهای حفاری (۱۵۰)

اندازه گیری وزن گل	۱۵۱
اندازه گیری گرانزدی گل :	-
الف - باقیمانده	۱۵۲
ب - با گرانزدی سنج دوار (GS , YP , PV , AV)	۱۵۴
اندازه گیری FILTRATION	۱۵۶
اندازه گیری SAND CONTENT (یا درصد شن) گل	۱۵۸
اندازه گیری درصد " آب " ، " نفت " ، " مواد جامد " گل	۱۵۹
اندازه گیری RESISTIVITY	۱۶۴
اندازه گیری EMULSION STABILITY	۱۶۶
اندازه گیری pH (یا غلظت یون هیدروژن) گل	۱۶۷
اندازه گیری ALKALINITY	۱۶۹
اندازه گیری LIME CONTENT (یا درصد آهک) گل	۱۷۲
اندازه گیری غلظت یون کلراید Cl^-	۱۷۴
اندازه گیری سختی آب یا صنایع گهای حفاری	۱۷۶
اندازه گیری مقدار سولفات کلیم گل بر روش سنجش با فنول است مقدار ورسفات	۱۸۰
تشخیص کبونی یون سولفات (SO_4) گل	۱۸۱
اندازه گیری مقدار My Lo JEL PRESERVATIVE گل	۱۸۱
اندازه گیری غلظت کرومات سدیم (Na_2CrO_4) گل	۱۸۲
اندازه گیری CEC یا CATION EXCHANGE CAPACITY	۱۸۵
اندازه گیری غلظت H_2S گل	۱۸۷
تشخیص کبونی IRON SULFIDE (سولفید آهن) در گل	۱۸۸
اندازه گیری غلظت کربنات سد در گل	۱۸۹
اندازه گیری غلظت سیلکارد گهای حفاری	۱۹۱

ضمیمه - روش استخراج فرمول مباحثه حجم مایعات داخل تانکهای استوانه ای خزیده

قبل از مطالعه کتاب ، با اختصارات زیر که جهت سهولت تحریر بکار رفته اند آشنا شوید :

A°	Angstrom unit	M, m	meter
API	American Petroleum Institute	mg/lit	milligram per liter
ATM	atmosphere	ml	milliliter
AV	apparent viscosity	m.p.	melting point
BBL, bbl	barrel	min	minute
BHT	bottom hole temperature	MW	mud weight
BHCP	bottom hole circulating pressure	MF	Marsh funnel
b.p.	boiling point	OH	open hole
BYP	Bingham yield point	ppm, PPM	parts per million
cp, cps	centipoise(s)	PV	plastic viscosity
CC	cubic centimeter	PSI	pounds per square inches
°C	degrees Centigrade	PPG	pounds per gallon
CMT	cement	PCF	pounds per cubic foot
CEC	cation exchange capacity	PPB	pounds per barrel
CSG	casing	PPT	pounds per ton
dod	degree of deflection	PO	pump output
DC	drill collar	ΔP	pressure drop (in PSI)
DP	drill pipe	rpm, RPM	round per minute
DR	dial reading	RT	room temperature
ECD	equivalent circulating density	SG	specific gravity
EPM, epm	equivalent per million	SR	shear rate
EV	effective viscosity	SS	shear stress
EYP	extrapolated yield point	sec	second
°F	degrees Fahrenheit	SPM	stroke per minute
FC	filtration control	TBG	tubing
FL	fluid loss	TYP	true yield point
FT, ft	foot, feet	VIS	viscosity
FPS	foot per second	YP	yield point
FPM	foot per minute		
FR	flow rate		
FV	funnel viscosity		
gm	grammes		
GS	gel strength		
GPF	gallon per foot		
GPM	gallon per minute		
HBS	hardness buffer solution		
HIS	hardness indicator solution		
HT-HP	high temperature-high pressure		
h.p.	horsepower		
LB, LBS, lb, lbs	pounds		
LNR	liner		

فصل اول

معرفی گل حفاری و شرح وظایف آن

پایه واسس بیشتر گلهای حفاری که امروزه در صنعت استخراج نفت معمول هستند، آب است یعنی آب، بخش عمده آنها را تشکیل میدهد و همین دلیل هم عموماً آنها را "گلهای حفاری آبی یا آب پایه" (water base drilling muds) مینامند. گلهای حفاری آبی یک سیستم روان ساز میباشد که از فاز مایع و فاز جامد.

فاز مایع (liquid phase)

فاز مایع و پر بسته گلهای حفاری آبی، آب است. آب بعضی موارد را بصورت محلول و بعضی دیگر را بصورت معلق در خود نگهدارند. آبی که در ساختن گلهای حفاری آبی مورد مصرف قرار میگیرد ممکن است یکی از انواع زیر باشد:

۱- fresh water (یا آب شیرین) که اصطلاحاً آب آبهائی گفته میشود که salinity (یا میزان سدیم کلراید محلول) آنها کمتر از 10000 ppm و سختی کل آنها کمتر از 120 ppm باشد.

۲- brine یا salt water (یا آب شور) که بسته به میزان شوری و نمکها در محلول آن، میتواند یکی از آبهای زیر باشد:

الف- آب دریا (یا sea water). یک نمونه آب دریا که مورد تجزیه قرار گرفته، حاوی املاح زیر

لرده است:

تجزیه آب دریا

component	ppm
Na^+	10550
Cl^-	18970
$\text{SO}_4^{=}$	2650
Mg^{++}	1270
Ca^{++}	400
K^+	380
Br^-	65
بقیه	80

در مهندسی گل، برای آب دریا در حدود 35000 ppm سدیم کلراید و (2500 ppm تا 1500) سختی کل در نظر گرفته میشود.

ب - brackish water (یا آب شور). این آب که بیشتر در سطح خشکی یافت میشود، یونهای موجود در آب دریا را دارد و با غلظت یونی متوسط. بهین دلیل، شوری آن با آب دریا نیز فرق میکند. برای این آب در حدود 10000 تا 20000 ppm نمک در نظر گرفته میشود.

پ - saturated salt water (یا شور آب سیر). بنابراین، یک محلول را در یک دمای معین وقتی از یک نمک حل شده، سیر شده بخوانند که محلول در آن دما بتواند با زیاده آن نمک در حالت تعادل باشد.

حالاتیت نمک طعام (سدیم کلراید) در آب، بستگی به دمای آب دارد (X) هر چه دمای آب زیادتر باشد مقدار بیشتری نمک را میتوان در آن حل نمود: در یک لیوان آزمایشگاه، 100 ml آب متغیر 20°C بریزید و آن آنک اندک نمک اضافه کنید و محلول را مرتباً هم بزنید. نمک بتدریج در آب حل میشود و آرزای رفته رفته شورتر میکند. وقتی 36 گرم نمک را در آب حل کردید، اگر باز هم نمک بیشتری در آب بریزید، مادام که دمای آب در 20°C ثابت بماند، هر اندازه هم که محلول را هم بزنید، آب دیگر قادر نخواهد بود نمک اضافه را در خود حل کند (جدول 1) جبات دیگر، آب از نمک سیر شده است. آنگاه اگر دمای آب را تا 50°C افزایش دهید، آب میتواند یک گرم دیگر نمک را در خود حل کند تا مجدداً برز سیری برسد. اگر محلول جدید را سرد کنید، تا دمای آن باز به 20°C برسد، همین یک گرم نمک بعینت کریستال از محلول جدا شده و در ته لیوان به شکل فاز جدیدی ظاهر خواهد شد.

(X) بطور کلی میتوان گفت که حالاتیت یک جسم حل شده در یک حلال، بستگی به چهار عامل دارد:

طبیعت حلال، طبیعت جسم حل شده، دما و فشار

در جدول ۱، مقدار نمک لازم برای سیر کردن یک بشکه آب شیرین در درجه حرارت های مختلف، با تمام اطلاعات دیگر درباره شورا بهای سیرسیم کلراید، آورده شده است.

در جدول ۲، نیز اطلاعات درباره شورا بهای دیگر نمک طعام گرد آوری شده است. در این جدول، ارقام هر ستون از روی فرمول کلی بالای آن ستون بدست آمده است. در این فرمول های کلی، x ، درصد نمک در شورا به است که میتواند کلیه ارقام بین صفر تا 28.469 را اختیار کند. هر چه که SG نمک طعام در 20°C است که برابر 2.739 فرض شده است. بر طبق این جدول، آب متغیر تنها در حالت جوش است که میتواند حداکثر مقدار نمک را در خود حل کند. این مقدار که تقریباً برابر 28.5 درصد وزنی شورا به است، به محلول غلظتی 398 گرم بر لیتر تبدیل که معادل 285000 ppm میباشد. بیش از این مقدار، نمک در آب حل نخواهد شد.

جدول ۱

دما $^{\circ}\text{C}$	مقدار نمک لازم (بر حسب پاونده) برای سیر کردن یک بشکه آب شیرین	مقدار نمک لازم (بر حسب گرم) برای سیر کردن یک پیل لیتر آب متغیر	NaCl, ppm	درصد وزنی نمک در شورا به سیر	افزایش حجم یک بشکه آب شیرین (بر حسب بشکه)	S.G. شورا به سیر
0	125.128	35.7	263080	26.30	0.1303	1.2005
10	125.479	35.8	263623	26.36	0.1307	1.2010
20	126.180	36.0	264706	26.47	0.1314	1.2020
30	127.232	36.3	266324	26.63	0.1325	1.2035
40	128.283	36.6	267935	26.79	0.1336	1.2050
50	129.685	37.0	270073	27.00	0.1351	1.2069
60	130.737	37.3	271668	27.16	0.1362	1.2084
70						
80	134.592	38.4	277457	27.75	0.1402	1.2138
90						
100	139.500	39.8	284692	28.47	0.1453	1.2206

تذکر: چون API توصیه میکند که غلظت شورا بها بر حسب ppm یک کلراید آنها بیان شود، لذا برای تبدیل NaCl, ppm به $\text{Cl}^{-}, \text{ppm}$ و برعکس، از فرمول های زیر استفاده کنید:

$$\text{NaCl, ppm} = 1.648 (\text{Cl}^{-}, \text{ppm})$$

$$\text{Cl}^{-}, \text{ppm} = 0.6068 (\text{NaCl, ppm})$$

۳- hard water (یا آب سخت). آب سخت به آبی گفته میشود که محلولی متادیر قابل ملاحظه ای از املاح محلول کلسیم و منیزیم است. آب های سخت را آب های سیران شناخت، چه در اینگونه آبها صابون بجز کف نمیکند و با صابون کاملاً تیز نمیشود. علت این امر آنستکه یون های فلزی Ca^{++} ، Mg^{++} موجود در این آبها، با صابون کف کننده صابون

جدول ۲

x	$\frac{350.5x}{100-x}$	$10000x$	x $\rho(100-x)$	100 $\frac{x}{\rho} + (100-x)$	$x \times 10^6$ $\frac{x}{\rho} + (100-x)$
	وزن نمک لازم برای یک بشکه آب شیرین (LBS)	NaCl, ppm	افزایش حجم (بر حسب بشکه)	SG شربت	NaCl, mg/lit
0	0	0	0	1.0000	0
1	3.5404	10000	0.0037	1.0064	10064
2	7.1530	20000	0.0074	1.0129	20258
3	10.8402	30000	0.0113	1.0194	30582
4	14.6042	40000	0.0152	1.0260	41040
5	18.4474	50000	0.0192	1.0328	51640
6	22.3723	60000	0.0233	1.0396	62376
7	26.3817	70000	0.0275	1.0465	73255
8	30.4783	80000	0.0317	1.0535	84280
9	34.6648	90000	0.0361	1.0606	95454
10	38.9444	100000	0.0406	1.0678	106780
11	43.3202	110000	0.0451	1.0750	118250
12	47.7954	120000	0.0498	1.0825	129900
13	52.3736	130000	0.0545	1.0899	141687
14	57.0581	140000	0.0594	1.0975	153650
15	61.8529	150000	0.0644	1.1052	165780
16	66.7619	160000	0.0695	1.1130	178080
17	71.7892	170000	0.0748	1.1210	190570
18	76.9390	180000	0.0801	1.1290	203220
19	82.2160	190000	0.0856	1.1371	216049
20	87.6250	200000	0.0913	1.1454	229080
21	93.1709	210000	0.0970	1.1538	242298
22	98.8589	220000	0.1030	1.1623	255706
23	104.6948	230000	0.1090	1.1709	269307
24	110.6842	240000	0.1153	1.1797	283128
25	116.8333	250000	0.1217	1.1886	297150
26	123.1486	260000	0.1283	1.1977	311402
26.30	125.128	263079	0.1303	1.2005	315832
26.36	125.479	263623	0.1307	1.2010	316616
26.47	126.1800	264706	0.1314	1.2020	318143
26.63	127.232	266324	0.1325	1.2035	320515
26.79	128.283	267935	0.1336	1.2050	322857
27.00	129.685	270073	0.1351	1.2069	325948
27.16	130.737	271668	0.1362	1.2084	328292
27.74	134.592	277457	0.1402	1.2138	336777
28.469	139.500	284692	0.1453	1.2206	347504

هستند و از فعالیت این مواد جلوگیری میکنند. بدیهی است که هر چه غلظت (یا ppm) این یونها در آب زیادت
باشد، سختی آب نیز زیادت و لغت کردن صابونها در آن کمتر خواهد بود.

علاوه بر روشی که API برای اندازه گیری سختی آب توصیه میکند (در فصل پنجم شرح داده خواهد شد)،
یک روش دیگر برای تعیین سختی آب، سنجش آن با محلولهای استاندارد صابون است.

سختی آب از دو منبع ناشی میشود: سختی کربناته و سختی غیر کربناته.

الف - سختی کربناته آب (carbonate hardness of water) ناشی از حضور کربناته‌ها و کربناته‌های

کلسیم و منیزیم است.

ب - سختی غیر کربناته آب (non-carbonate hardness of water) ناشی از وجود نمکهای غیر کربناته

(مثل $CaSO_4$ و SiO_2) با خواص ضد صابون میباشد.

سختی موقت (یا temporary hardness). اگر سختی آب منفر باشد، وجود بیکربناته‌های کلسیم و منیزیم،

آن سختی را سختی موقت گویند. سختی موقت را با جوش زدن آب میزان بر طرف کرد زیرا حرارت، موجب تجزیه و
داسب شدن آن نمکهای محلول میشود.

اگر سختی آب ناشی از وجود کمپورهای کلسیم و منیزیم - میزان بیش از 120 ppm باشد، باید آب را با سودا

یا کربنات سدیم (بیزول Na_2CO_3) درمان نمود تا یونها کلسیم و منیزیم آن داسب و بجا اثر شوند و آب برای حفاری

مناسب گردد.

$$Ca^{++}, Mg^{++} \xrightarrow{Na_2CO_3} CaCO_3 \downarrow, MgCO_3 \downarrow + 2Na^+$$

سختی کل (یا total hardness) آب عبارتست از مجموع سختی‌های کربناته و غیر کربناته آب. بجز

دیگر، سختی کل آب عبارتست از مجموع ppm یونهای کلسیم و منیزیم موجود در آب.

۴. soft water (یا آب نرم)، آبی است که یونهای کلسیم و منیزیم آن بوسیله جوش زدن یا برداشتن نمکهای

داسب شده باشد.

آب تهنائی در بسیاری از موارد، بویژه در حفاری سازنده‌های کم فشار و بجا در دسر میزان یک گل حفاری مطلوب

نیاز رفته است. در بسیاری از مناطق، حفاری را با آب شروع میکنند. کند، و تراشیده‌های حفاری که ضمن کار

دارد آب میشوند، آنرا تبدیل به یک گل حفاری نسبتاً خوب میکنند. لیکن در مواردی که آب نتواند تهنائی وظیفه

یک گل حفاری خوب را انجام دهد، باید افزودنی‌های مخصوصی بان اضافه کرد تا توانائی آن در انجام وظایفش افزایش یابد.

برخی از این افزودنی‌ها را قبل از شروع حفاری و برخی دیگر را ضمن کار به آب اضافه میکنند.

بهترین نوع آب برای ساختن گلهای حفاری آبی، آبی است که فاقد نمک و یونهای کلسیم و منیزیم بوده و نیز فاقد

از زمانه های شاهی باشد که روی جامدات فعال گِل ، آثارنا مطلوب شیمیائی گذاشته و خواص فیزیکی گِل را خراب کند. هر چه آلودگی های شیمیائی آب کمتر باشد ، رسوبات آن بیشتر تبلور شده و باد میکنند و در نتیجه دترگ های گِل از نظر VIS و FL بهتر میشود. کارآئی افزودنیهای شیمیائی دیگر نیز در چنین آبه زیادتر شده و این مواد با حداقل مصرف ، حداقل بازدهی را پیدا خواهند کرد. در بسیاری از مناطق ، آبهائی که در دسترس هستند ، کیفیت مطلوب را ندارند و غالباً یا باید آنها را بردشهای شیمیائی درمان کرد تا برای حفاری مناسب گردند و یا اینکه گِل و مواد مشکله آنرا باید طوری انتخاب نمود که تحمل زیانه ها موجود در آب را داشته باشند.

فاز جامد (یا solid phase)

فاز جامد گلهای حفاری آبه - که در صدها گلی آن از مینی دور در صدها شروع میشود (در گلهای کم جامد) و تا پنجاه درصد هم میرسد (در گلهای بسیار سنگین) - خود ترکیب از دو قسمت است : جامدات فعال و جامدات غیر فعال

الف - فاز جامدات فعال (reactive solids phase)

فاز جامدات فعال گلهای حفاری آبه ترکیب از رسهای تجاری ، رسهای طبیعی ، رسهای معلق در رسهای معلق و ذره میباشد. رسهای تجاری (یا commercial clays) رسهایی هستند که عموماً توسط گشتناس به آب افزوده میشوند و معمولاً قبل از شروع حفاری و در فاز گِل اینها صورت میگیرد. این رسها را به دلیل به آب اضافه میکنند: اول آنکه رس به آب VIS میدهد و توانائی آنرا در حل کننده های حفاری بالا میبرد و دوم آنکه رسها میتوانند دیواره چاه را با یک لایه غیر قابل نفوذ اندود کنند و با این ترتیب مانع نفوذ گِل و مایعات آن بداخل سازنده های نفوذ پذیر شوند.

رس تجاری عمده ای که در ساختن گلهای حفاری بکار میرود ، بنتونایت نام دارد که عمدتاً از یک کانی رسی بنا (montmorillonite) درست شده است. bentonite را جهت افزایش VIS و GS و نیز کنترل FL به گِل میزنند تا گِل هم بتواند کننده های حفاری و مواد وزن افزا را بصورت معلق در خود نگهدارد و هم اینکه ظرفیت حل آن زیادتر شود و هم جلوه هرز رفتن صنایع گِل بداخل سازنده ها را بگیرد. علاوه بر رسهای تجاری ، رسهای ناهمگن تر دیگری هم در گلهای حفاری وارد میشوند که عبارتند از :

1- رسهای معلق (یا native clays) رسهایی هستند که معمولاً از سادگان سطحی نزدیک دکل حفاری استخراج میشوند. این رسها از نظر فعل و انفعالات شیمیائی تقریباً خنثی بوده و بیشتر شبیه مواد وزن افزا هستند تا شبیه رسها همین دلیل در گذشته ، بمشاوره بالابردن اندک وزن گِل ، بگِل زده میشوند.

(*) مونت موریلونایت نخستین بار در مونت موریلون فرانسه کشف شد و همین دلیل هم اسم آنرا مونت موریلونایت گذاشته اند. دارای فرمول شیمیائی $Al_2Si_4O_{24}H_4 \cdot nH_2O$ میباشد که در HCl داغ محلول است.

۲- رسهای قلی دیره (یا special native clays) رسها هستند که بخاطر خواص منحصر به فردشان ، در آبهای بسیار شور کاربرد دارند تا به آنها ۷۱۵ بدهند .

۳- رسهای طبیعی (یا natural clays) رسهای متداول پذیری هستند که در برخی از سازندهای زمین وجود دارند و ضمن حفاری ، بطور ناخواسته وارد گل میشوند و در منابع آن برآکنده و سلق میشوند و خواص فیزیکی گل را خراب میکنند مثل montmorillonite ، illite ، kaolinite

کنترل خواص گلهای حفاری آبی تا حدود زیادی بستگی به کنترل خواص رسها آن دارد . رسها در آبهای شیرین از خود آثار بسیار مهمی بروز میدهند زیرا این مواد در اینگونه آبها خاصیت شیمیائی شان شدید است ، در حالیکه در آبهای شور یا آغلی و یادرگلهای نفتی ، چون رسها دارای خاصیت شیمیائی اندک هستند و در آنه های آنها محسوساً متغیر نمیشود ، لاجرم بسیاری از مسائل کنترل خواص گل نیز ساده میگردد .

انواع خاکها برسی را در فصل دوم مورد بحث قرار خواهیم داد .

ب - فاز جامدات غیر فعال (یا inert solids phase)

جامدات غیر فعال از نظر شیمیائی خنثی و بی اثر هستند و در گل سلق میشوند . این جامدات ممکن است توسط فیلتراسیون به گل افزوده شده باشند (مثل مواد ذرات انزرا) و یا ممکن است خود ضمن حفاری ، بطور ناخواسته وارد گل شده باشند (مثل شن ، سنگ آهک ، دولومیت *)

مواد وزن انزرا WEIGHTING MATERIALS

بطوریکه خواهیم دید ، یکی از وظایف عمده گلهای حفاری کنترل فشارهای زیر زمینی است . گل این وظیفه را بکمک وزن خود انجام میدهد باین ترتیب که ستون گل داخل چاه ، در هر نقطه از چاه ، بدسبب وزن خود فشاری بر سازند دارد میکند که مقدار آن نسبت مستقیم دارد با عمق آن نقطه و وزن مخصوص گل . این فشار را فشار هیدرواستاتیک (یا hydrostatic head) گل میمانند و با کنترل اندازه آن ، میتوان فشارهای زیر زمینی را کنترل کرد .

یک ستون آب شیرین به بندی یک فوت و سطح مقطع یک اینچ مربع وزنی معادل 0.4335 پوند خواهد داشت که چون این وزن را روی سطح مقطع خود اعمال کند ، فشاری برابر 0.4335 PSI ایجاد خواهد کرد . بنابراین میتوان گفت که فشار هیدرواستاتیک آب شیرین ، برابر (0.4335 PSI / ft of depth) است . چنین آنچه در عمق ده هزار فوت چاه ، فشار هیدرواستاتیک 4335 PSI را اعمال میکند . حال اگر فشار سازند در این عمق بیش از 4335 PSI باشد (که معمولاً چنین است) در این صورت ممکن است سبب جریان پیدا کند - یعنی آب ،

(*) dolomite یا کربنات منصف کلسیم و منیزیم نیز در $CaCO_3$ و $MgCO_3$ در (S.G = 2.8 - 3) است .

نفث یا گاز موجود در سازند، وارد چاه شود. برای جلوگیری از این اتفاق لازم است فشار هیدرواستاتیک گل بالابردن شود تا سدی فشار سازند گردد. اینجا بوسیله افزودن مواد وزن افزا گل میسر است. مواد وزن افزا ممکن است "مواد جامد محلول" باشند یا "مواد جامد معلق" و یا مخلوطی از این دو.

مواد جامد محلول، غالباً نمکهای شیبانی هستند نظیر: NaCl (سدیم کلراید)، CaCl_2 (کلسیم کلراید)، KCl (پتاسیم کلراید)، Na_2CO_3 (کربنات سدیم) و NaNO_3 (نیترات سدیم) که برای ساختن محلولهای سنگین از آب بکار رفته اند. چون این محلولها محتوی مواد جامد نیستند که بر وزن ته نشین شوند و عملیات تعمیراتی بعدی چاه را مشکل کنند، لذا بیشتر از آنها بعنوان packer fluid و workover fluid استفاده میشود و در این رابطه شتاب سدیم کلراید کاربرد وسیعتری دارد: آب شیرین با وزن 62.4 PCF را میتوان بوسیله سدیم کلراید تا 75 PCF سنگین نمود. محلولهای کلسیم کلراید و نیترات سدیم را میتوان تا وزن ۱۰۰ (۹۰ تا ۸۶) تهیه کرد لیکن این محلولها با بسیاری از مواد تشکیل دهنده گلهای حفاری سازگاری ندارند و ممکن است خوردنده هم باشند مگر اینکه آنها را با مواد شیبانی بازدارنده از خوردن گدگی (inhibitor) درآید کرد.

کیف روش دیگر برای بالابردن وزن آب، بمنظور کنترل فشاری سازند، استفاده از مواد جامد معلق نظیر رسها، کنده های حفاری و باریت است. این مواد در آب حل نمی شوند و تنها در آن معلق میمانند. با رسها و کنده های حفاری که SG آنها در حدود ۲.۵ است، میتوان دوغابهای سنگین تر از 86 PCF ساخت. تازه در ضمن وزن کمی، دوغابها بقدری هم غلیظ و viscous هستند که حتی با درممانهای شیبانی هم میتوان از آنها گلهای مطلوبی ساخت. مضاف بر این معایب، کنده های حفاری بدلیل داشتن مقادیر قابل ملاحظه ای شن، بسیار هم فرساینده میباشند. برای دست یافتن به گلهای با وزن بیش از 86 PCF و VIS اندک، ابتدا بوسیله خداتل رس، VIS مطلوب و مورد نظر را به آب میدهند و بعد بگدگی باریت وزن دوغاب را بالا می برند. سنگین ترین گلهای که با این ترتیب ساخته شده، 165 PCF وزن داشته است.

باریت (barite) که همچنین بناهای (barytes، heavy spar و tiff) هم خوانده شده است از نظر شیبانی، سولفات باریوم بزرگ BaSO_4 میباشد که معادن آن در نقاط مختلف طبیعت بصورت رگه های سفید چگون برآید و با برق و جلائی چون شیشه، بوقور یافت میشود. باریت خالص دارای ۶۵.۷ درصد BaO و ۳۴.۳ درصد SO_3 میباشد و انواع تجاری آن ممکن است تنها تا ۹۲ درصد خالص باشند. در این صورت ناخالصی های آن ممکن است سیلیکا، آسید آهن، سنگ آهک، دولومیت، پلم سنگ و غیره باشد. باریت مخصوص گل حفاری دارای SG بین ۴.۲ تا ۴.۴ میباشد، در آب نامحلول (حلالیت تقریباً 2.5 ppm) و از نظر شیبانی، خنثی و بی اثر است و روی رسها و گلهای محلول گل اثری ندارد. اگر اندازه های ذرات در آنه های آن زیادتر باشد، مستعد است استناد API باشد، برآهت متوازن آنها را در نظر معلق کرد مدد آنکه کوچک شدن

موجب افزایش شدید vis گسل شود. سائباچی باریت، برای سنگین کردن گلهای حفاری از سرداری مثل سونیت ترمویم ($SrSO_4$)، اکسید آهن، $amorphous\ silica$ و رهای قلی استفاده میشد. کین از سال ۱۹۴۳ بعد که قیمت باریت بواسطه سبکی شدن بدت انحصار آن، ارزان شد، این ماده بخاطر داشتن مزایای بزرگ SG زیاد، تری، خلوص و ضعیفی بودن از نظر سبکی، جانشین هم مواد فوق شد و امروزه بعنوان تنها ماده وزن افزای استفاده دارد برای گلهای حفاری شناخته شده است. از نظر زمین شناسی، اعتقاد بر این است که باریت در اصل، ناشی از رسوبات آبهای داغی بوده است که روزگاری از اعماق زمین به سطح آمده اند و باریت با بر آن نشاندند.

یک نوع دیگر باریت وجود دارد که دارای دانه های درشت تری است بطوریکه قسمت اعظم آنرا میتوان روی الک لرزان دو قطبی 80 mesh گرفت و از مدار گسل خارج نمود. از این باریت در موارد ویژه ای استفاده میشود. مثلاً به هنگام پمپ کردن لوله های حفاری از چاه، بگبک این باریت وزن گسل داخل لوله ها را قدری افزایش میدهد تا عدم توازن بین سطح گسل در داخل لوله با در داخل annulus ایجاد شود و سطح گسل داخل لوله با سطح گسل داخل annulus چندین متر پایین تر قرار گیرد. در این صورت بدیهی است که هنگام باز کردن لوله های حفاری در روی سکو، لوله ها خشک هستند و گسل برون پاشیده نمیشود و محیط کار را کثیف نمیکند (این کار را slugging the pipe میگویند). اگر در عملیات slugging لوله های حفاری، بجای باریت دانه درشت، از باریت سبک (یعنی از باریت دانه ریز) استفاده شود، چون پس از خارج کردن لوله های حفاری از چاه، گسل داخل لوله ها، نهایتاً در چاه سیاهند و از آنجا که این گسل سنگین تر از گسل داخل annulus بوده است و در گردش ای بعدی گسل هم نمیتوان باریت دانه ریز و زیاد آنرا توسط الک لرزان جدا نمود، پس از آنکه هر دو گسل مخلوط شوند، وزن گسل موجود در چاه افزایش پیدا میکند و این امر ممکن است باعث گسستن گسل یا زیاد شدن vis آن و یا پیش آوردن چینه dps (X) شود. برای جلوگیری از چنین پیش آمدی، تنها راه اینست که گسل داخل چاه را با آب رفیق کردن تا وزن آن کاهش یافته و مجدداً بتجدد از قبلی اش برسد.

این تکنیک سنگین سبک کردن گسل حتی در جاهایی که حفاری آنجا با سدهای موازنه فشار صورت گرفته، مورد استقبال داشته است. در چنین جاهایی، موازنه فشار غالباً آنقدر ظریف و حساس است که خاموشی پمپ ای گسل که منجر به منفرشتن افت فشار در annulus و لاجرم کاهش ECD میشود، ممکن است به سازه آب فرصت دهد که به داخل چاه بیاید و اگر permeability (یا نفوذ پذیری) سازه با آنقدر زیاد باشد که حجم بزرگی از سازه آب به داخل چاه راه پیدا کند، ناچاراً لازم میشود که وزن گسل تا ECD بالا برده شود تا خروج بے خطر لوله ها از چاه امکان پذیر گردد. بدیهی است این افزایش وزن گسل تا ECD ، اگر بوسیله باریت دانه درشت صورت گرفته باشد، موقتی است زیرا درختن گردش کامل گسل بعد از سفر لوله ها، باریت را میتوان روی الک لرزان از مدار گسل خارج کرد و با کاهش مجدد وزن گسل، موازنه فشار را در حفاری برقرار نمود.

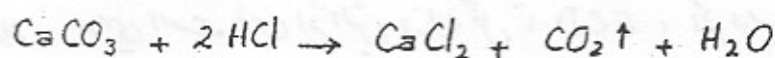
(X) dps گسستن differential pressure (wall) sticking آلودگی فصل ششم راجع بان خواهیم گفت.

در حفاری سازندهای پر فشار و در سردار اوزننس، تغییرات چاه اگر به گلهائی با وزن بیش از 165 PCF نیاز باشد می توان از ماده وزن افزای دیگری بنام galena و یا مخلوطی از آن و باریت استفاده کرد. گالنا، سولفور سرب است بزرگ SPb و SG نوعی از آن که در گسل حفاری بکار می رود در حدود ۶۸ میباشد.

از ground limestone (یا سنگ آهک خرد شده) بزرگ $CaCO_3$ نیز برای افزایش وزن گلهای حفاری - بوئره گلهای نفتی - استفاده شده است (X) سنگ آهک نیز تقریباً خنثی و غیر فعال است و SG آن در حدود ۲۷ میباشد. با چنین وزن مخصوصی، سنگین ترین گلی که با آن می توان ساخت، اگر آبی باشد 90 PCF و اگر نفتی باشد 86 PCF وزن خواهد داشت. از آنجا که SG باریت از SG سنگ آهک بیشتر است، در ساختن گلهای حفاری آبی، اگر بجای سنگ آهک از باریت استفاده شود، هم گلهای سنگین تری را می توان ساخت و هم اینکه ماده وزن افزای کمتری مصرف میشود. همین دلیل است که وزن کردن گلهای حفاری عموماً بوسیله باریت صورت میگیرد نه بوسیله سنگ آهک. با اینهمه استفاده از سنگ آهک خرد شده بعنوان ماده وزن افزا در بعضی از کاربرد های غیر حفاری نظیر ساخت casing pack و packer fluid های نفتی (X X) مزایای قابل توجهی داشته است و در این رابطه سنگ آهک همان زیر را دارد: اولاً ارزاتر است، ثانیاً بسیار آسانتر از باریت می توان آزاد رگل معلق ساخت.

پس از آنکه وزن باریت لازم برای افزایش وزن گسل تا حدود نظر، حاصل شد، آنرا از طریق mud hopper و با هتگی در خلال چندین گردش کامل گسل، به گلی افزایش داد تا بطور کلی خواصت و یکدست در گسل پخش شود و نقاط سبک و سنگین در آن بوجود نیامورد.

(X) در فصل مربوط به گلهای نفتی خواهیم دید که یکی از مهمترین موارد مصرف گلهای نفتی، در حفاری سازندهای نفتی را میباشد. اگر حفاری انیون سازنده با گلهای آبی صورت گیرد احتمال وارد آمدن لطلات شده به سازنده، از جمله انسداد گسل یا جزئی منافذ نفت زای آن، بواسطه نفوذ مواد جامد گسل بداخل آنها و هم چنین خنثی شدن و با گذرن رسوای حاد رسوبات سازنده در اثر نفوذ صاف گسل بداخل سازنده وجود دارد. بدین ترتیب است که productivity (یا بهره دهی) چاه کاهش پیدا میکند. در حالتی اگر بجای گلهای آبی از گلهای نفتی استفاده شود، رسوبات سازنده فرصت تبلور و تورم و متعاقب آن مسدود کردن منافذ سازنده را پیدا نمیکند زیرا که صاف گلهای نفتی تماماً نفت است و نفت باعث تبلور رسوبات نمیشود. در ضمن تنها مواد جامد معلقی که ممکن است از یک گسل نفتی وارد سازنده شود و منافذ آنرا مسدود کند کربنات کلسیم است که آنهم طی acidizing چاه بوسیله ایدروکلریک اسید حل شده و از چاه رنج میشود:



(X X) packer fluid گلهای ویژه ای هستند که در حفاری حلقوی بین CSG و TBG درآوده میشوند تا با ایجاد فشار بجزاره داخلی CSG و بجزاره خارجی TBG و در نتیجه packer، احتمال شکستن هر یک از اینها را در اثر فشارهای متقابل، کم کنند (منظور از فشارهای متقابل، فشاری است که از سوی سازنده، بجزاره خارجی CSG و از سوی

تذکره - علاوه بر جانندیت فعال و غیر فعال که به صورت درص همان گل حفاری شرکت کرده اند، مواد شیمیائی دیگری هم هستند بنام پالیر (X)، مثل نشاسته، CMC، غیره که بعنوان افزودنی های گل حفاری درص همان گل شرکت میکنند. استفاده از این مواد در گهای حفاری غالباً بمنظور کمک به رسها و بهبود کیفیت گل از نظر VLS، FL، GS بوده است. باکوششی که امروزه درص صن گهای کم جابجایی که بجز به کار برده ای حفاری باشند میشود، پالیرها روز بروز بیشتر مورد استفاده پیدا میکنند. همه پالیرها، هر نظر ازب صن شیمیائی شان، وقتیکه در گهای حفاری بجای برده میشوند، بشابه مواد جامد عمل میکنند بنابراین آنها را باید جزء فاز جامد گهای حفاری حساب آورد.

→ reservoir بخاره داخل TBG دیز بنیر packer (دارد سیاه) ، packer fluid ، همچنین مانع میشوند که حلقه داخل CSG و حلقه خارجی TBG در طول عمر چاه و مدت بهره دهی آن، زنگ خوردگی پیدا کنند.

casing pack ؛ نیز گهای ویژه ای هستند که بین CSG ، سازند قرار بگیرند و مانع زنگ خوردگی حلقه خارجی CSG در مدت بهره دهی چاه میشوند. در همین حال casing pack ؛ فشار ای سازند ؛ را خنثی میکنند و اگر دوزی لازم شود که بر لایه ، CSG از جا ببرد آورده شود ، شانس توفیق در اینکار را افزایش میدهند.

از آنجا که packer fluid ؛ و casing pack ؛ را معمولاً بمدت های مدید در چاه نگهداری میکنند و آزمایش کردن به در پی آنها بمنظور کنترل کیفیتشان مقدور نیست ، پس باید طراحی طراحی و ساخته شوند که ظرف مدت دراز بهره دهی چاه ، پالیری و مقاومت خود را در اثر عوامل گوناگون محیط از دست ندهند.

(X) تعریف polymer - پالیر ماده ایست که از اتحاد یا بهم پیوستن دو یا چند مولکول مشابه بوجود آید. هر یک از این مولکولها را یک monomer میگویند و اتصال ابتدای آنها بیکدیگر ، بنحویه بدین ترتیب شیمیائی تازه ای میشود بنام پالیر که از همان عناصر موجود در مونومر ؛ و با همان نسبتها درست شده است. پالیر ؛ با واحدهای ساخته خود - یعنی مونومر ؛ دو تفاوت عمده دارند :

۱- وزن مولکولی (زیادتر است) (دقیقتر : وزن مولکول یک پالیر = وزن مولکولیک مونومر x تعداد مونومر ؛)

۲- خواص فیزیکی آنها ، خواص فیزیکی مونومر ؛ فرق میکنند.

عمل تشکیل پالیر را پالیریزاسیون (polymerization) میگویند.

تعریف کو پالیر - copolymer یا mixed polymer یا heteropolymer ماده ایست که از بهم پیوستن

(یا پالیریزاسیون) دو یا چند مولکول غیر مشابه ، در یک زمان بوجود آید. مثلاً اگر فرولی از vinyl chloride و

vinyl acetate ، هزمان پالیریزه شوند ، کو پالیری بوجود میاید بنام vinylite .

پس فرق پالیر ؛ کو پالیر ؛ در اینست که پالیر از بهم پیوستن مونومر های مشابه و کو پالیر از بهم پیوستن مونومر های غیر مشابه

بوجود میاید .

عمل تشکیل کو پالیر را کو پالیریزاسیون (copolymerization) میگویند .

FUNCTIONS OF DRILLING FLUIDS

وظایف گلهای حفاری

در بدو پیدایش حفاری دوار (Rotary Drilling) ، وظیفه گلهای حفاری عمدتاً انتقال کننده های حفاری از ته چاه به سطح زمین بود. لیکن با توسعه این صنعت ، گلهای حفاری نیز توسعه یافته و از شکل ابتدائی خود برپا آمدند و همین میزان هم وظایف آنها بیشتر و سنگین تر شد. امروزه یک گل حفاری خوب باید بتواند دست کم ده وظیفه را یکی انجام دهد :

- ۱- تمیز کردن ته چاه و انتقال کننده های حفاری به سطح زمین
- ۲- خنک کردن مته و لوله های حفاری
- ۳- روان کردن مته و لوله های حفاری
- ۴- اندود کردن دیواره چاه و جلوگیری از ریزش آن
- ۵- کنترل فشارهای زیر زمینی
- ۶- معلق نگهداشتن کننده ها و مواد وزن افزای گل بهنگام خاموشی پمپ ها
- ۷- ترخیص شدن و کنده های حفاری روی آلت لیزان
- ۸- تحمل بخشی از وزن لوله های حفاری و لوله های حفاری
- ۹- محبذ اقل رسانیدن ضایعات وارد بر سازند های مجاور چاه و ارائه حد اکثر املاح پراکنده آنها
- ۱۰- انتقال توان آیدرولیک پمپ ها به مته

اینک به شرح بیشتر این وظایف میپردازیم.

۱- تمیز کردن ته چاه و انتقال کنده های حفاری به سطح زمین

تمیز کردن ته چاه از کنده های حفاری هنوز هم یکی از مهمترین وظایف گلهای حفاری بشمار میرود. گسل و قبله از همه های ته برون بیاید ، بواسطه فرزان شدیدی که دارد ، بسبب تمیزی کف چاه و لبه های ته شده و باین ترتیب هم طول عمر ته را بیشتر میکند و هم سرعت و بازدهی حفاری را افزایش میدهد. گسل همچنانکه در annulus بالای آید ، کنده های حفاری را با خود حمل کرده و آنها را از ته چاه به سطح زمین میسراند. کنده ها همان که بسوی سطح زمین در حرکتند ، تحت تاثیر نیروی جاذبه زمین نیز هستند و همین دلیل پرسته تایل به سقوط و بازگشت مجدد به ته چاه را دارند. اگر سرعت صعود گسل در annulus بیش از سرعت سقوط کنده ها باشد ، در اینصورت میتوان انتظار داشت که کنده ها به سطح زمین برسند. slip velocity (یا سرعت سقوط) کنده ها و ذرات جامد گسل ، از کیسو بستگی به شکل هندسی و وزن مخصوص آنها و از سوی دیگر ، بستگی به گرانشی ، ویسکوزیته ، وزن و سرعت گسل در annulus دارد. توانایی گسل در تمیز نگاه داشتن ته چاه و انتقال کنده های حفاری به سطح زمین بستگی به عوامل متعددی دارد ، مهمترین این عوامل عبارتند از: سرعت گسل در annulus ، وزن گسل و گرانشی آن. سرعت گسل در قسمتهای مختلف annulus ، بنوبه خود بستگی به ظرفیت پمپ های گسل و سرعت آنها و نیز اندازه چاه و قطر DP و DC دارد. معمولاً این تغییرات را طوری تنظیم میکنند که سرعت گسل در annulus بین (100 تا 200 FPM) بشود. برای محاسبه سرعت گسل در annulus از فرمول زیر استفاده میشود:

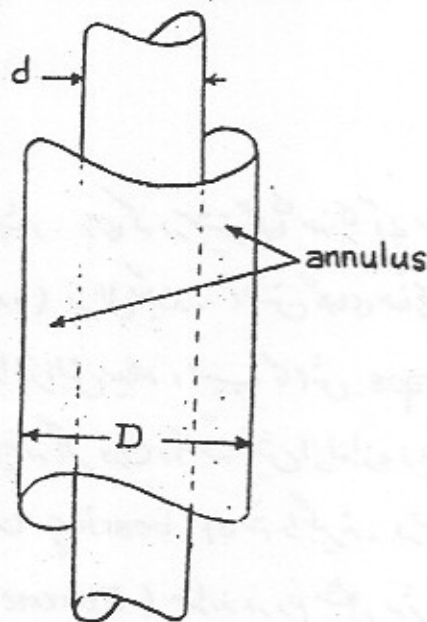
$$\text{Annular Velocity (FPM)} = \frac{\text{Pump Output (GPM)}}{\text{Annular Volume (GPF)}}$$

و برای محاسبه Annular Volume از فرمول زیر:

$$\text{Annular Volume (GPF)} = \frac{D^2 - d^2}{24.51}$$

در این فرمول ، d قطر خارجی لوله درونی و D قطر داخلی لوله بیرونی است

و هر دو بر حسب اینچ هستند.



وزن گسل نیز در انتقال کنده ها به سطح زمین نقش دارد. طبق قانون اجسام غوطه ور ، هرگاه جسمی در سیال غوطه ور باشد از سوی سیال نیروی بجم وارد میشود (بنام buoyancy force) که جهت آن از پایین بیلاست ، یعنی در خلاف جهت نیروی جاذبه زمین است. بزرگی این نیرو بستگی به وزن مخصوص جسم و شکل هندسی آن و نیز وزن مخصوص سیال دارد. بنابراین هرچه وزن گسل زیادتر شود ، یعنی تعداد ذرات جامد آن افزایش یابد ، buoyant effect گسل روی کنده ها نیز زیادتر میشود و ظرفیت حمل گسل افزایش مییابد.

گرانشی نیز در توانایی گسل در بالا آوردن کنده ها اثر مستقیم دارد. یعنی با افزایش گرانشی ، گسل بهتر میتواند کنده ها را با خود حمل کرده و به سطح زمین برساند. گرانشی گسل بستگی دارد به غلظت ذرات جامد معلق گسل و کیفیت و نحوه توزیع آنها.

علاوه بر سه عمل فوق ، دوران لوله های حفاری نیز یکی توانائی گل در اشغال کننده ها اثر میگذارد. در حصول لوله های همگامی که وقتی در داخل annulus جریان از نوع laminar است ، در اثر نیروی گریز از مرکز ناشی از دوران لوله های حفاری ذرات جامد گل چگونگی از دور لوله با برکنده شده و به مرکز annulus ، یعنی جایی که سرعت جریان ماکزیمم است برتلا میشوند و سریعتر به سطح زمین میرسند .

۲- خنک کردن تله و لوله های حفاری

در محل تله و نیز در نقاطی از چاه که لوله های حفاری با سازنده ها (و یا با لوله های حفاری) تماس دارند ، در اثر نیروی اصطکاک گرمای فوق العاده زیادی تولید میشود. اگر این گرما سرریز نشود ، تله میسوزد و لوله های حفاری در محل تماس با سازنده ها ، در اثر فرسایش شدید ، سوراخ میشوند. چون سازنده ها نمیتوانند اینهمه گرما را در خود هدایت کرده و بجای دیگری ، دور از تله و لوله های حفاری منتقل کنند ، این وظیفه را عمل جبهه میگیرد. عمل همین طوری که در چاه گردش میکند ، حرارت های تولید شده در نقاط اصطکاک را جذب فاز مایع (آب) خود کرده و وقتیکه به سطح زمین میرسد ، آنها را در هوا رها میکند. باین ترتیب خود دوباره سرد شده و آماده رفتن به داخل چاه میشود.

۳- روان کردن تله و لوله های حفاری

گل حفاری تا اندازه ای سبب روان شدن تله و لوله های حفاری در چاه نیز میشود. مدتی که در بیشتر گلهای حفاری آب مصرف میشود ، علاوه بر سایر وظایفش ، لغزوان یک lubricant (یا روان کننده) نیز عمل میکند. آغشتن گلهای حفاری به نفت یا مواد روان کننده دیگر ، lubricity (یا خاصیت روان کننده) آنها را افزایش میدهد و سبب کاهش torque در تله و لوله های حفاری ، افزایش عمر تله و کاهش فشار میپ ای گل میشود. با اینهمه اگر وزن روئی تله بیش از اندازه زیاد باشد حتی بهترین گلهای آغشته به نفت هم نمیتوانند جلوگیری از فرسایش شدید و فراب شدن bearing های تله را بگیرند. در چنین شرایطی کاربرد روان کننده های فشار قوی (Extreme Pressure Lubricants) میتواند در رفع مشکل موثر باشد. بررسی خواص روان کننده گلهای حفاری تحت فشار زیاد توسط دستگاه EP mud tester انجام میشود.

۴- اندود کردن دیواره چاه و جلوگیری از ریزش آن

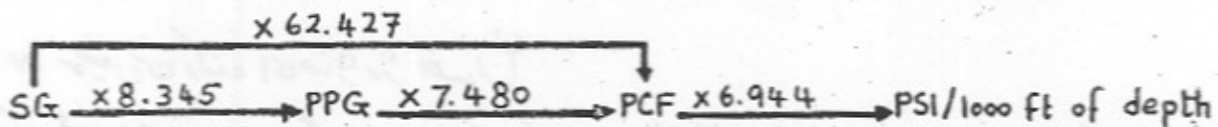
یک گل حفاری خوب باید بتواند دیواره چاه را حتی اگر بافتی ناست و نامناسب هم داشته باشد برسد یک لایه نازک و غیر قابل نفوذ طوری اندود کند که هم جلوی ریزش گل و صاف آن به داخل سازنده ها را بگیرد و هم به پایبندی و تحکیم سنگهای سازنده دیواره چاه کمک کند و مانع ریزش آنها به داخل چاه گردد. افزودن بنتونیت و درمان سیمانی گل بمنظور ایجاد محیطی همگن از ذرات جامد و پر هیزاز flocculation (یا کلوخه ای شدن) این ذرات ، بخش کلوئیدی گل را تقویت کرده

و زمانی گل را در فشار اندوکی غیر قابل نفوذ بردبار چاه زیاد میکنند. گاه لازم است که گل را بوسیله مواد کنترل کننده FL (شل نشاسته) درمان کرد تا کینیت اندود از نظر نفوذ ناپذیری بهبود پیدا کند و FL گل کاهش یابد.

۵- کنترل فشارهای زیر زمینی

در حین حفاری ممکن است با سازند آبی رودر شومیم که متوی آب، نفت یا گاز با فشار بسیار زیاد باشند، کنترل این فشارهای زیر زمینی بعهده گل حفاری است. یکی از خواص فیزیکی گل ایجاد فشار هایدرواستاتیک در چاه است. مقدار این فشار بستگی دارد به وزن گل و عمق چاه. با تنظیم مناسب وزن گل بوسیله مواد وزن افزا میتوان مقدار فشار هایدرواستاتیک آنرا طوری تنظیم کرد که درست مساوی فشار سازنده شده و آنرا کنترل کند. اختلاف فشار هایدرواستاتیک و فشار سازنده را differential pressure میگویند. بدیهی است که اگر این اختلاف فشار مثبت باشد، یعنی فشار هایدرواستاتیک از فشار سازنده بیشتر باشد، خطر شکستن دیواره چاه و بدینال آن گشتن گل در سازند وجود دارد و چنانچه اختلاف فشار منفی باشد یعنی فشار هایدرواستاتیک از فشار سازنده کمتر باشد، خطر جریان یافتن چاه و احتمال فرار آن پیش بیاید.

وزن گل را با منظوریکه بعداً مهم خواهیم دید، بوسیله ترازوی مخصوصی بنام mud balance (یا ترازوی گل) اندازه گیری میکنند. نتیجه، معمولاً بر حسب یک از واحدهای زیر بیان میشود: SG، PPG، PCF، و PSI/1000 ft of depth. رابطه این واحدها با یکدیگر شرح زیر است:



برای محاسبه فشار هایدرواستاتیک گل در هر نقطه از چاه از یکی از فرمولهای زیر استفاده میشود:

$$\text{HP (PSI)} = 0.052 \text{ MW (PPG)} \times \text{depth (FT)}$$

$$\text{HP (PSI)} = 0.006944 \text{ MW (PCF)} \times \text{depth (FT)}$$

$$\text{HP (PSI)} = 0.001 \text{ MW (PSI/1000 ft of depth)} \times \text{depth (FT)}$$

$$\text{HP (ATM)} = 0.097 \text{ MW (SG)} \times \text{depth (M)}$$

$$\text{HP (PSI)} = 1.4223 \text{ MW (SG)} \times \text{depth (M)}$$

تذکره - شیب فشار طبیعی (یا Normal Pressure Gradient) سادی (0.465 PSI/ft of depth)

است و این برابر با فشار یک ستون سازنده آب به بلندی یک فوت میباشد.

۶- معلق نگهداشتن کنده ها و مواد درون انزای گل به تمام خاموشی پمپ ها

در حین عملیات حفاری گاهی ممکن است معلق ناچار شویم که پمپ های گل را خاموش کرده و عملیات را متوقف کنیم. زمان این توقف بسته به دلیل آن ممکن است چند دقیقه یا چند ساعت (و حتی چند روز) باشد. بهر حال در عرض این مدت که گل از گردش باز ایستاده است، کنده ها و ذرات جامد موجود در آن می توانند در چاه ته نشین شده و ته و بخش بزرگی از لوله های حفاری را در زیر خود مدفون سازند و ادامه حفاری را غیر ممکن یا دست کم بسیار مشکل کند. لیکن اگر گل با اندازه کافی وزن و گرانی و بویزه *gellation* یا *thixotropy* داشته باشد، آنگاه میتوان انتظار داشت که گل، در تمام طول مدت سکون، شن و سایر ذرات جامد حفاری شده را در خود معلق نگهداشته و هر یک را در محل خود قفل کرده و تا گردش مجدد، مانع ته نشین شدن آنها شود.

gellation یا *thixotropy* خاصیتی است الکترو شیمیائی در موقت که تنها، در فاصله گل از حرکت باز ایستاده است در آن بر وجه می آید. بر اساس این خاصیت، گل در حال سکون، بافتش با گذشت زمان محکم و تزلزل ای شده و ذرات جامد در شنا و کنده های حفاری را در خود بگیرد و مانع سقوط و ته نشین شدن آنها میشود. گل این بافت را تا زمانیکه مجدداً گردش در نیامده است حفظ میکند. بمجرد آنکه پمپ ها دوباره شروع بکار کنند و گل بگردش در آید، *thixotropy* یا حالت تزلزل ای گل در هم خواهد شکست و گل بحالت اول خود باز خواهد گشت. تیکسوتراپی، نتیجه نیروی جاذبه بین ذرات کوللوئیدی گل است. بنابراین با تغییر درصد ذرات کوللوئیدی گل و استفاده از مواد شیمیائی مناسب در درامهای گل، میتوان نیروی جاذبه درون گل را کم و زیاد کرد و تیکسوتراپی را کنترل نمود.

۷- ترخیص شن و کنده های حفاری روی الک لرزان

یک گل حفاری خوب باید بگونه ای باشد که وقتی از چاه بیرون بیاید و روی توری های لرزان ریخته میشود، کنده های حفاری و شنها بتوانند بر حسب اجزای آن جدا شوند تا مجدداً بداخل چاه باز نگردند. ترخیص شن روی توریهای لرزان حائز اهمیت بسیار است زیرا شن فوق العاده فرساینده است و اگر از محیط گل خارج نشود و مجدداً وارد پمپ ها بشود، سبب فرسودگی شدید و سریع قطعات آنها و اتصالات لوله ها میگردد. *sand content* (یا درصد شن گل را)، بویزه در هنگام حفاری سازنده های شن، باید پیوسته اندازه گرفت. یک مقایسه بین درصد شن گل در *discharge flow line* (یا لوله خروجی چاه) و *pump suction* (یا مکش پمپ)، نشان خواهد داد که گل در ترخیص شن و کنده های حفاری روی الک لرزان تا چه حد ترخیص داده است. بهر حال در محل مکش پمپ ها درصد شن گل بزرگتر نباید از دو درصد تجاوز کند.

۸- تحمل بخشی از وزن لوله های حفاری و لوله های جداری

هر چه که حفاری عمیق تر شود وزن لوله های حفاری و لوله های جداری که باید در چاه شوند بیشتر شده و فشار وارد بر دستها و پاهای آنها در روی دکل نیز افزایش پیدا میکند. از آنجایی که لوله ها در چاه ناچار در گل قرار خواهند گرفت، پس تحت تاثیر *buoyancy effect*

(یا خاصیت شاور سازی) گسل ، اندازه وزن گسل هم محبت از وزن آبرنا گامته خواهد شد (قانون ارشمیدس). این گامته وزن لوله ها که توسط گسل تحمل میشود منبع جراثقالهائی است که در روی دکل ، لوله ها را آویزان نگهداشته اند . بدیهی است که هر چه وزن گسل زیاد تر شود ، لوله ها سبب تر میشوند یا عبارت دیگر ، وزن ظاهری آنها کمتر میگردد .

۹- محدودیت رسانندگی ضایعات دارد بر سازندگی های مجاور چاه و ارائه حداقل اطلاعات پیرامون آنها

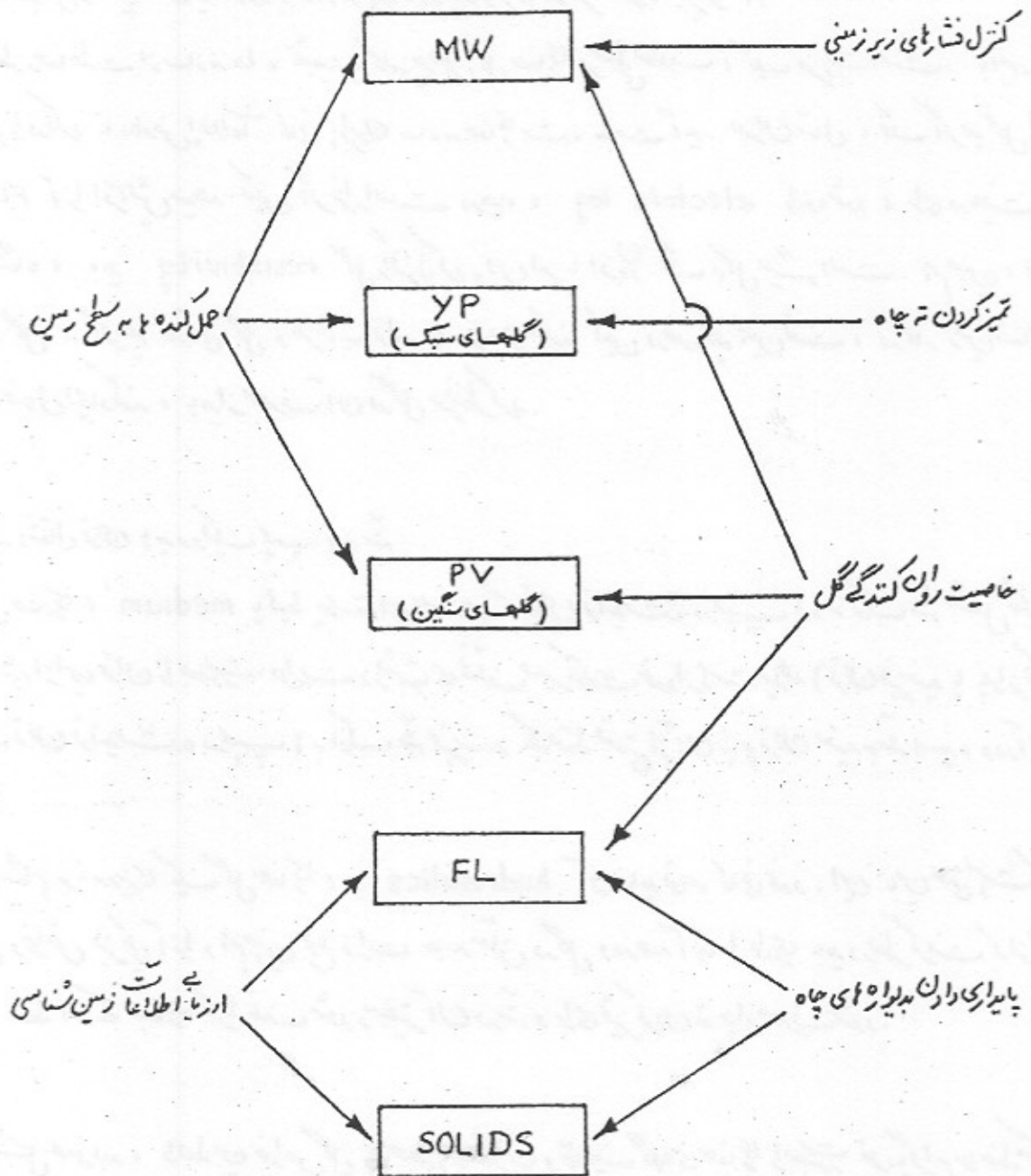
بمنظور حفاظت از سازندگی ها ، تثبیت کلیه خواص گسل حفاری در سطحی مطلوب ، یک ضرورت است . با اینهمه گاه باید خواص گسل را فدای کرد تا در عوض اطلاعات کافی پیرامون سازندگی حاصل شود . بدست آید . بعنوان مثال ، نمک اگر چه گسل را تثبیت کرده و FL آنرا افزایش میدهد لیکن اگر قرار است در چاه ، electric log رانده شود ، برای دریافت نتایج صحیح از این دستگاه ، باید resistivity گسل را کنترل کرد و این امر با افزودن نمک به گسل میسر است . هم چنین ، افزودن نفت به گسل ، اگر چه کارائی گسل و ضریب تولید چاه را بهتر میکند لیکن در صورتیکه همین نفت ، در کنار زمین شناسی یا بوم شناسی احتمال ایجاد کند ، باید از مصرف آن در گسل مرنظر کرد .

۱۰- احتمال توان پذیرد و لیک پمپ ۲ به مته

گسل حفاری ، medium یا محیط پیوسته ای است که توان تولید شده در پمپ ۲ را به نوک مته منتقل میکند و همین اینکار ، بخشی از این توان را بصورت حرارت در قسمتهای مختلف مسیر حرکت خود از دست میدهد (توان غیر مفید یا پارازیتیک) بنابراین همه توان تولید شده در پمپ ۲ به نوک مته نمیرسد بلکه فقط قسمتی از آن بنام توان مفید به مته رسیده و در آنجا مصرف میشود .

در هنگام برنامه ریزی یک گسل حفاری ، به hydraulics آن باید توجه کافی نمود . این باین معنی است که اثرات گردش گسل و خواص فیزیکی آنرا در هم چنین نوع ذرات جامد معلق در گسل و درصد آنها را طوری باید در نظر گرفت که از تحمل توان پمپ ۲ فقط آنکه بصورت گراتف شود و بیشتر آن در مته و برای تمیز کردن ته چاه مصرف شود .

در شکل صنوبره ، رابطه بین خواص گسل و بعضی از مهمترین وظایف گلهای حفاری را بصورت نمودار ملاحظه میکنید .



فصل دوم

شیمی خاک رس CLAY CHEMISTRY

گفتیم که فاز جامد گهرای حفاری آب-رسی، عمدتاً متشکل از رسها و مواد وزن افزاست. مواد وزن افزا شیمی نسبتاً شناخته شده ای دارند زیرا این مواد بلحاظ آنکه از نظر فعل و انفعالات شیمیائی، خشی و بی اثر هستند، فرمول تقریباً ثابت و مشخصی دارند و ساختمان شیمیائی آنها ساده است در حالیکه رسها دارای شیمی بسیار پیچیده ای هستند و با آنکه تاکنون مطالعات و تحقیقات فراوانی روی آنها صورت گرفته است، هنوز سؤال حل نشده بسیاری در زمینه سرشت این مواد و شیمی فیزیک آنها باقی مانده است.

بمفهوم کلی، رسها موادی خاکه هستند که چون خمیس شوند plasticity ای میکنند یعنی چسبندگی میشوند و با این ترتیب قابلیت شکل گیری در قالب پیدا میکنند. از نظر شیمیائی، رسها ترکیب از آلومینوسیلیکاتهای متبلورند. این ترکیبات شکل مولکولهای کپلیکس یا پیچیده تشکیل میشوند و بعضی از آنها در نقاط گوناگون مولکول خود، دارای گاتونها قابل تعویض میباشند. مولکولهای رس بواسطه شرایط ساختمانی ویژه خود، طبیعتی کولوئیدی (*) دارند. برخی از این خواص کولوئیدی که در کنترل خواص فیزیکی کل حاضر اهمیت بسیار هستند عبارتند از:

- ۱- رسها در محیط های آبی (aqueous) بگونه پراکنده و پخش میشوند.
- ۲- رسها روی دانه های خود بارهای الکتریکی دارند و در اثر وجود همین بارهای الکتریکی است که میتواند تحت تاثیر نیروهای الکتریکی، حرکت کنند.
- ۳- رسها قابلیت تبلور و آبدار شدن دارند.
- ۴- رسها، تیل سوترایپ و ظرفیت تعویض کاترین (Cation Exchange Capacity, CEC) دارند.

کاتیون های رسی ذاتاً در آب نامحلولند لیکن عواطف مثل تبلور (hydration)، نیروهای برشی (shearing forces)، مثل آسیاب شدن) و غیره سبب dispersion (یا پراکنده و پخش) آنها در آب میگردد و آنها را تبدیل به ذرات بسیار ریزی میکند که اندازه شان در محدوده (زیر میکرون تا صد میکرون) است و در این شرایط و شکل کولوئیدی، رسها میتوانند بسیار از خواص فعل و انفعالی محلولها را پیدا کنند. انواع کانی های رسی از نظر درجه hydration، dispersion، و reactivity یکسان نیستند و با هم فرق دارند و در این رابطه باید هر کدام را جداگانه بررسی کرد.

(*) colloidal (یا کولوئیدی) توصیف کننده اجزای است که اگر بصورت ذرات بسیار ریز در آورده شوند، توانائی پخش شدن و معلق ماندن در محیط های آبی را پیدا میکنند.

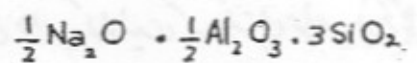
تشکیل رسوبات در طبیعت - رسوبات در طبیعت از هوازدگی سنگهای سیلیکاته و پلمه سنگها بوجود میآیند. هوازدگی سنگهای سیلیکاته را تجزیه میکنند و سنگها را کربناته را بصورت محلول دریا درود. هوازدگی، همچنین، پلمه سنگها را - که عمدتاً رسوبات بهم نشسته شده هستند - تجزیه میکنند. ته مانده این واکنشها، رسوبات هستند. در انجام کلیه این فعل و انفعالات، رزش و شسته ایله هوازدگی، ذرات، اوضاع آب و هوایی، شرایط جوی و حضور کانی ها فعال در سنگهای یاد شده، اهمی مهم میباشدند و حصول عمل را - یعنی نوع رس ساخته شده را - تعیین میکنند.

فله اسپار با که خانواده آلومینوسیلیکاتهای بی آهن بخش عظیمی از پوسته زمین را تشکیل میدهند. اعضاء این خانواده با مختصراً عبارتند از:

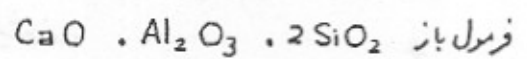
orthoclase (یا potassium aluminum trisilicate) بزمول بسته $KAlSi_3O_8$ و فرمول باز $\frac{1}{2}K_2O \cdot \frac{1}{2}Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ با ساختمان کریستالی مونوکلینیک.

microcline که فرمولش مثل فرمول orthoclase است و ساختمان کریستالی آن تری کلینیک است.

albite (یا sodium aluminum trisilicate) بزمول بسته $NaAlSi_3O_8$ و فرمول باز



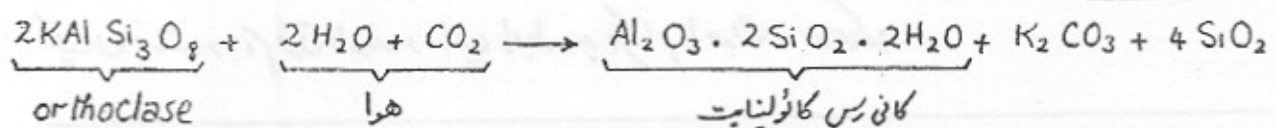
anorthite (یا calcium aluminum orthosilicate) بزمول بسته $CaAl_2Si_2O_8$ و



در حد فاصل albite و anorthite چند عضو دیگر وجود دارد که هر کدام مخلوطی هستند از این دو تا. همین دلیل نام فرمول آنها $Ab_n An_m$ میباشد که در آن نماد albite Ab و نماد anorthite An است. این چند عضو عبارتند از: oligoclase ، andesine ، labradorite ، bytownite .

anorthoclase که مخلوطی است از albite ، orthoclase به نسبتهای $\frac{2}{1}$ ، $\frac{3}{1}$ و غیره

فله اسپار در اثر هوازدگی تبدیل به رس میشود. سنگهای دیگری هم وجود دارند که اگر چه فله اسپار ندارند لیکن چون هوازدگی شوند تبدیل به رسوبات پلاستیکی میشوند. serpentine (بزمول $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) و سنگهای آذرین (*) نیز در اثر هوازدگی تبدیل به اینگونه رسوبات میشوند. بطور کلی میتوان گفت که هر ترکیب آلومینوسیلیکاته در اثر هوازدگی تجزیه شده و تبدیل به مواد رسی میگردد. بعنوان مثال، واکنش هوازدگی orthoclase را در نظر بگیرید:



(*) سنگهای آذرین (igneous rocks) سنگها هستند که از انجماد مواد مذاب آتش فشا یا بوجود میآیند.

فرمول نشان می‌دهد که فلد اسپار که تشکیل از (K, Al, سیلیکات) است نسبت $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ آن برابر $\frac{6}{1}$ می‌باشد، در اثر هم‌آزادگی تبدیل شده است به یک آلومینوسیلیکات جدید که نام kaolinite که تشکیل از (Al سیلیکات) است و نسبت $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ آن برابر $\frac{2}{1}$ می‌باشد. محمولات فرعی این واکنش عبارتند از K_2CO_3 (یا کربنات پتاسیم) که در آب محلول است و SiO_2 (که به شکل quartz و یا colloidal silica است) و در آب نامحلول می‌باشد (★) کوارتز ممکن است بهین صورت ماند و بعنوان ناخالصی باری مخلوط شود و ممکن هم هست با برآوردی قلیا مثل کربنات سدیم یا پتاسیم ترکیب شده و سیلیکات‌های محلولی تولید کند که بتدریج شسته شده و از رس جدا شوند:



هم‌آزادگی سنگها آلومینوسیلیکات و ساخته شده رس در طبیعت، تدریجی است. رسی که باین ترتیب ساخته می‌شود، ممکن است سرچالیش ماند و ممکن هم هست بوسیله باد و باران نقاط دیگر برده شود. بنابراین محل یافت شدن و کشف رس ممکن است از محل ساخته شدن آن بسیار دور باشد.

اینک جادار که فرق بین kaolin و kaolinite روشن شود:

kaolinite یک کانی رسی است با فرمول ثابت و مشخص $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ که ممکن است با نسبت های کم و زیادی همراه کانی های شبه خود مثل halloysite و یا clayite یافت شود و kaolin نام بازرگانی و عموماً پذیرفته شده ایست که شامل بر بعضی از رسیهای تجاری می‌شود. kaolin یک کانی خالص نیست بلکه تشکیل از چندین کانی رسی است که در میان آنها، kaolinite ممکن است در صدد بیشتری را دارا باشد. مضافاً اینکه kaolin ممکن است علاوه بر این کانی های رسی، مقدری ناخالصی های سیلیسی مثل کوارتز و یا سیلیکات کلوئیدی نیز باشد؛ اگر این ناخالصی از جنس کوارتز باشد میدان آنرا در طی مراحل شست و شوی نشین سازی، از kaolin جدا کرد. kaolin را بویژه در صنعت سرامیک سازی و برای ساختن چینی آلات سفید و مختلف بکار می‌برند. بنابراین کائولین باید الزامات رسی سفید رنگی باشند که رنگ سفید اصلی خود را پس از عبور از کوره همچنان حفظ کنند.

(★) silica یا silica gel فرمول SiO_2 و با نام شیمیائی Silicon dioxide و یا silicic anhydrite از

نظرات خفان کربنات به چهار شکل وجود دارد، مشخصات زیر:

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1) cristobalite | mp = 1713 °C ; SG = 2.27 - 2.32 |
| 2) lechatelierite | bp = 2230 °C ; SG = 2.2 |
| 3) quartz | mp < 1470 °C ; SG = 2.59 - 2.66 |
| 4) tridymite | mp = 1670 °C ; SG = 2.28 - 2.33 |

colloidal silica، سیلیکاتی است که به شکل micelle باشد (برای تولید micelle رجوع کنید به یادداشتی صنفی)

انواع کانی های رسی

کانه های رسی به سه گروه تقسیم میشوند :

الف - گروه کائولین (kaolin group) . رسیهای این گروه شامل پنج کانی است بنامها زیر :

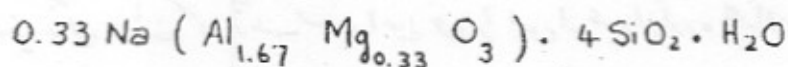
- 1) Kaolinite
- 2) Halloysite
- 3) Dickite
- 4) Nacrite
- 5) Endellite

چهار کانه اول دارای ساختمان شیمیائی مشابهی هستند فرمول $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ و کانه پنجم دو مولکول آب بیشتر دارد.

ب - گروه بنتونایت (bentonite group) . رسیهای این گروه شامل کانی های مونت موریلونایت میباشد :

- 1) Montmorillonite
- 2) Beidellite
- 3) Nontronite
- 4) Hectorite
- 5) Saponite

این پنج کانی ، بهمانطوریکه بعداً مهم خواهیم دید ، از نظر ساختمان شیمیائی و فرمول با یکدیگر بسیار تفاوت دارند همین دلیل هم نمیتوان در این جا یک فرمول کلی و جامع برای آنها بیان کرد . مثلاً کانی نخست که از بقیه بهتر میباشد دارای فرمول زیر است :



در این آلومینوسیلیکات متبلور ، نسبت $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ مثل نسبت $\frac{4}{1}$ است و بهمانطوریکه ملاحظه میشود در گروه Al_2O_3 این کانی ، یک استخلاف (یا جانشینی) صورت گرفته است ، این ترتیب که یک اتم منیزیم با ظرفیت دو (Mg^{2+}) بجای یک اتم آلومینوم با ظرفیت سه (Al^{3+}) نشسته و حاصل این جانشینی یک بار منفی اضافی است که در مولکول کانی پدید آمده است . این بار منفی اضافی باید بوسیله یک اتم مثبت (مثل Na^+) خنثی شود . سدیم خود نیز یک base قابل تعویض میشود و ممکن است بوسیله کاتیونهای دیگری مثل Ca^{2+} و H^+ و غیره تعویض شود . این خاصیت را base exchange (یا تعویض پایه) میگویند

چهار کانه دیگر گروه بنتونایت از نظر خواص base exchange ، ساختمانی شبیه ساختمان مونت موریلونایت

پ - رسوهای گروه مایکا های تبلور (hydrous micas)

مایکا ، سیلیکات آلومینوم قلیائی است شل :

Muscovite بزول $H_2KAl_3(SiO_4)_3$

Phlogopite بزول $H_3Mg_3Al(SiO_4)_3$

مایکا پارادرماتیک کاری جهت کاهش انتقال حرارت ، در صنعت فولاد سازی جهت آبدادن فولاد ، در صنعت لایتنیک سازی و در تزئینات و دکوراسیونها و غیره بکار میبرند.

مایکا های حقیقی مثل muscovite (بزول باز $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$) در زیر میکروسکوپ ساخته بشکلی شکل و نازک دارند و در خاک که هستند برق میزنند همین دلیل هم تشخیص آنها ساده است. پتاسیمی که در این مایکا ها وجود دارد در خارج شبکه کانی و با اتصال بسیار محکم بر روی سطح آن چسبیده است. مایکا های تبلور آلومین از این نظر شبیه مایکا های حقیقی هستند گنیم میزان پتاسیم موجود در آنها کمتر از میزان پتاسیم موجود در مایکا های حقیقی است (در حدود ۶ درصد یا نصف پتاسیم موجود در muscovite را میتوان در مایکا های تبلور یافت). رسوهای این گروه تجزیه رسوهای گروه مونت موریلونایت و کائولینایت شناخته شده اند اما تصور میشود که آنها یکی از معمول ترین انواع کانی های رسی باشند. kaolinite و کانی های رسی گروه مایکا های تبلور خواص ویژه رسی دارند از جمله پراکندگی در آب و plasticity هنگام خیس شدن و غیره. kaolinite خاصیت base exchange ندارد و در آب تبلور نمیشود در حاکه مایکا های تبلور کم و بیش این خواص را دارا هستند. کانی های مونت موریلونایت هم خواص base exchange دارند و هم قابلیت تبلور شدن در آب.

بطور کلی خواص هرگونه خاک رس (shale یا clay) از روی درصد نسبی این سه گروه کانی های رسی - بویژه مقدار مونت موریلونایتی - که در آن یافت میشود ، تعیین و بررسی میگردد.

باید دانست که رسوهای ناخالص اند تنها مقداری از کانی های رسی یاد شده آنهم بصورت خالص دارند بلکه مقداری هم کانی های رس مانند از جمله کواترنز ، مایکا ها ، فلداسپار ها و سنگهای آذرین و متامورفیک (*) دارند.

علی رغم این طبقه بندی نسبتاً متصل ، رسها از نظر مهندس گشناس فقط به دو دسته تقسیم میشوند :

۱- سیم بنتونایت که تقریباً بطور کامل از مونت موریلونایت درست شده است و بواسطه داشتن خواص برجسته و سفید کلوئیدی و بیسکوتراپیک و اندوگری ، مورد توجه اوست .

(*) سنگهای متامورفیک سنگهای هستند که در اثر متامورفیزم ، شرایط اصلی خود را عوض کرده باشند (متامورفیزم خود عبارتست از

تغییرات فیزیکی و شیمیائی سنگهای آذرین و سنگهای رسوبی در اثر حرارت ، فشار و interaction .

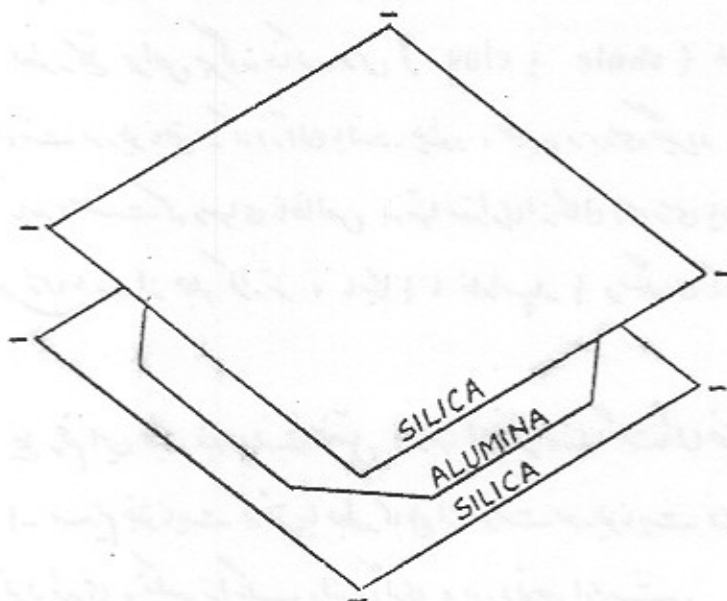
۲- سایر رسها ، که آمیزه و مخلوطی هستند از رسهای سائزده فوق و چون نسبتهای آنها با یکدیگر فرق دارد ، هر کدام هم دارای قدری ناخالصی خاکه میباشند ، لذا از نظر خواص و کیفیت با یکدیگر بسیار تفاوت دارند . این رسها از sub or metabentonite است که از نظر خواص گل سازی شبیه بنتونایت هستند شروع میشوند و به نام غوطه‌ترین و بدترین نوع رسهای قلی که بخاطر inert بودن بیشتر به مواد وزن افزاینده تا به رسها ، هم میشوند . در جدول صفحه ۴۵ ، مقایسه ای صورت گرفته است بین رسهای دو دسته فوق از نظر خواص گل سازی . مقایسه ارقام این جدول نشان میدهد که چراغلتاس به رس نوع بنتونایت بیش از سایر انواع رسها توجه دارد

ساختار شیمیایی Beidellite, Montmorillonite, Pyrophyllite

در باره منشأ و سرشت رسهای گروه بنتونایت و ساختمان شیمیایی آنها مطالعات و تحقیقات وسیعی صورت گرفته است . در زیر ، خلاصه ای از نتایج این تحقیقات را که در باره ساختمان شیمیایی دو کانه اول این گروه - یعنی مونت موریلونایت و بده لایت - است ، فراهم آورد . لیکن بهتر است ابتدا ساختمان شیمیایی ترکیبی که بعنوان base structure (یا اسکلت کلی) اینگونه رسها حساب میآید مورد بررسی قرار گیرد تا درک مطالبی که بعداً خواهد آمد ساده تر شود .

pyrophyllite (یا دیتیر : hydrated aluminosilicate pyrophyllite $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)

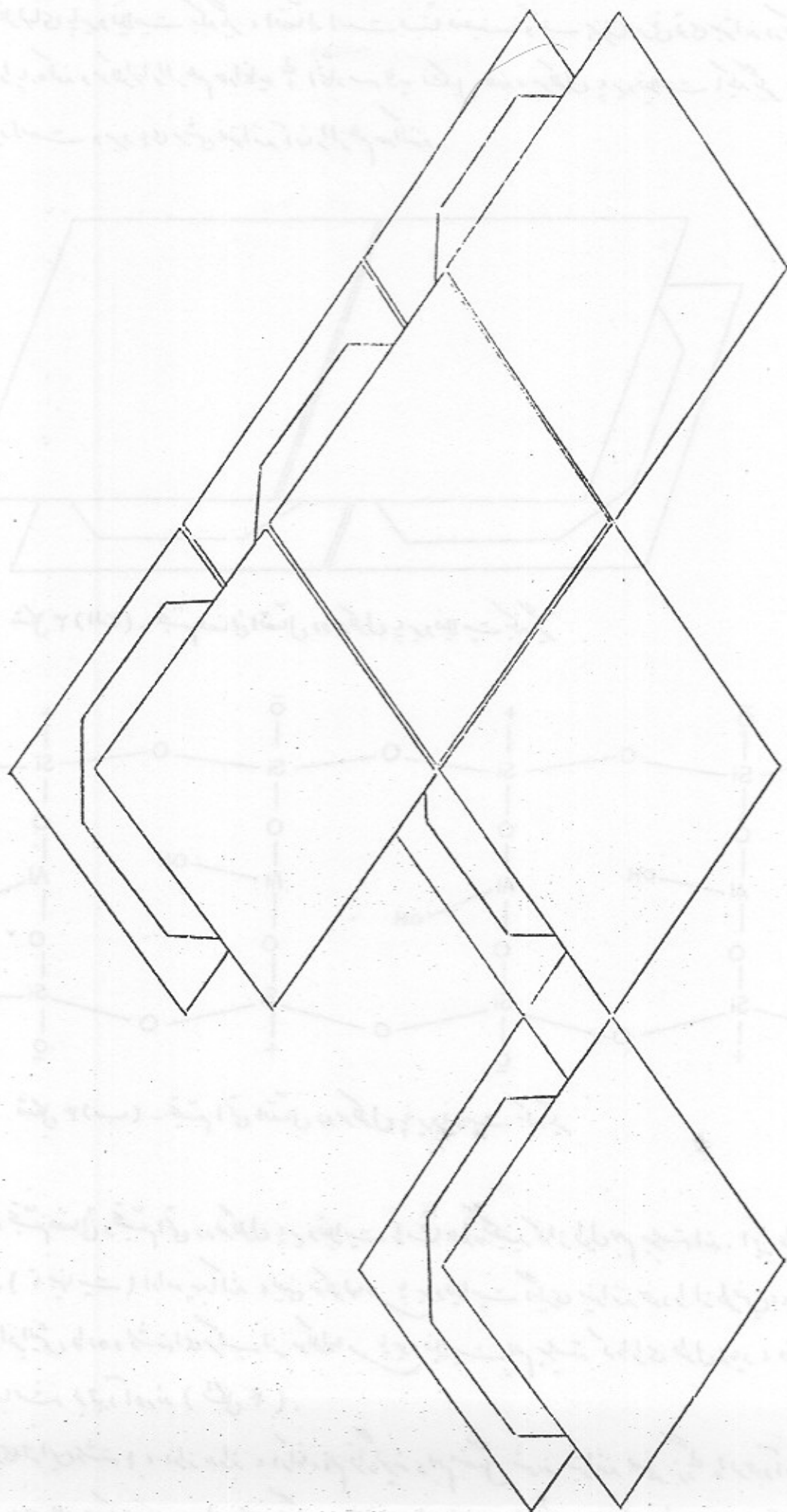
یک چنین ترکیبی است ، یعنی اسکلت ساختمان شیمیایی آن میتواند نشاندهنده اسکلت ساختمان شیمیایی همه کانه های رسها باشد . مشخصه پایروفیلایت و کانه رسهای نظیر آن ، ساختمان شیمیایی مولکولهای آنهاست . مولکول این رسها کرب از یک صفحه سطحی و بسیار نازک میباشد که از سه لایه چسبیده بهم درست شده است :



(شکل ۱)

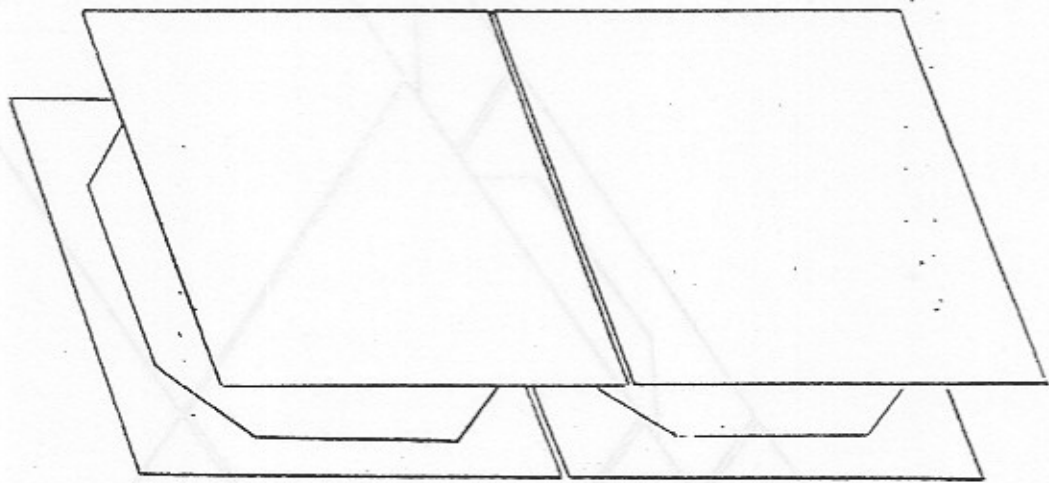
یک لایه octrahedral یعنی از جنس آلومینا Al_2O_3 ، که دو لایه tetrahedral بر روی آن جنس سیلیکا SiO_2 را هم بسته و پیوند زده است (شکل ۱) . هنگام کشش ، ابعاد این صفحه فقط از طول و عرض میتواند دارا پیدا کند و ضخامت صفحه که در حقیقت ضخامت مولکول پایروفیلایت است ثابت بوده و تغییر نمیکند . بجایرت دیگر وقتی چند مولکول پایروفیلایت بجا همدیگر پیوندند ، اینکار را از چهار لایه یا چهار لایه خود انجام میدهند نه از سطح بالائی و پائینی خود ، بطوریکه نتیجه اتصال مولکولها پایروفیلایت بیکدیگر ، همواره افزایش سطح سیلیکائی آنها خواهد بود نه افزایش

ضخامت آنها (شکل ۲) . برعکس این مطلب هم درست است . یعنی وقتی چند مولکول بهم پیوسته پایروفیلایت در اثر کشش از هم جدا میشوند از هم بگسلند ، هر مولکول ، اینکار را از چهار لایه جدا کرده خود انجام میدهد . در حقیقت اتصال هم به هم

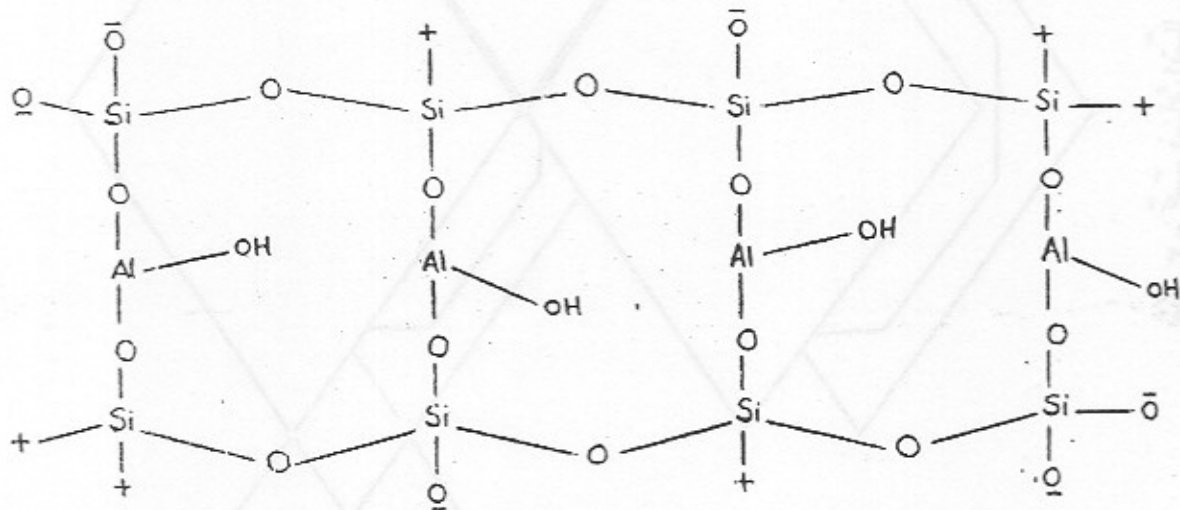


شکل ۲ - تجسم فضائی اتصال چند
مردول پایرونیلیت یکدیگر

یا پلوی مولکولهای پایداریت بکدیگر، اتصال است نسبتاً ضعیف و یک همزن برقی قوی میتواند در یک محیط آبی این اتصالات را پاره کند و مولکولها را از هم جدا نماید و اتحاد سه لایه تشکیل دهنده مولکول پایداریت بکدیگر، در هر سه جهت بسیار زیاد است و نیز دای برشی نمیتواند آنها را از هم جدا کند.



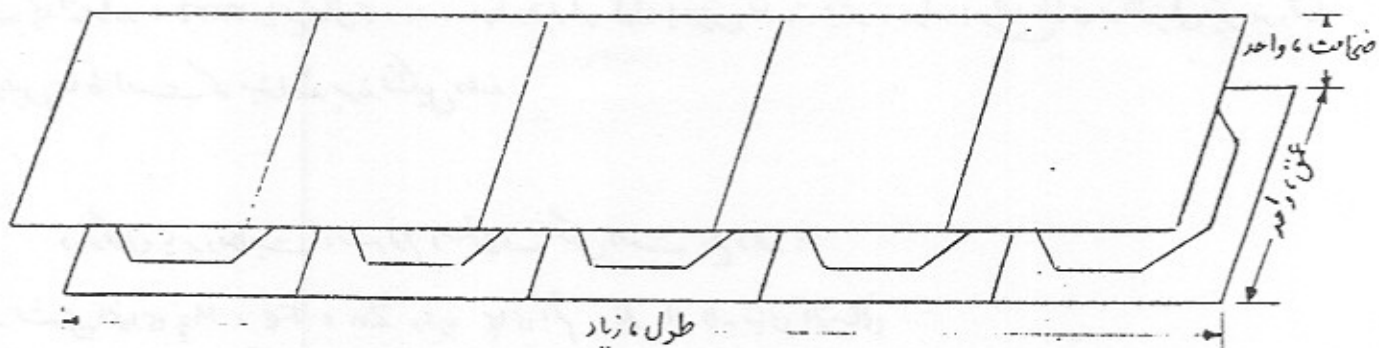
شکل ۳ (الف) - تجسم فضائی اتصال دو مولکول پایداریت بکدیگر



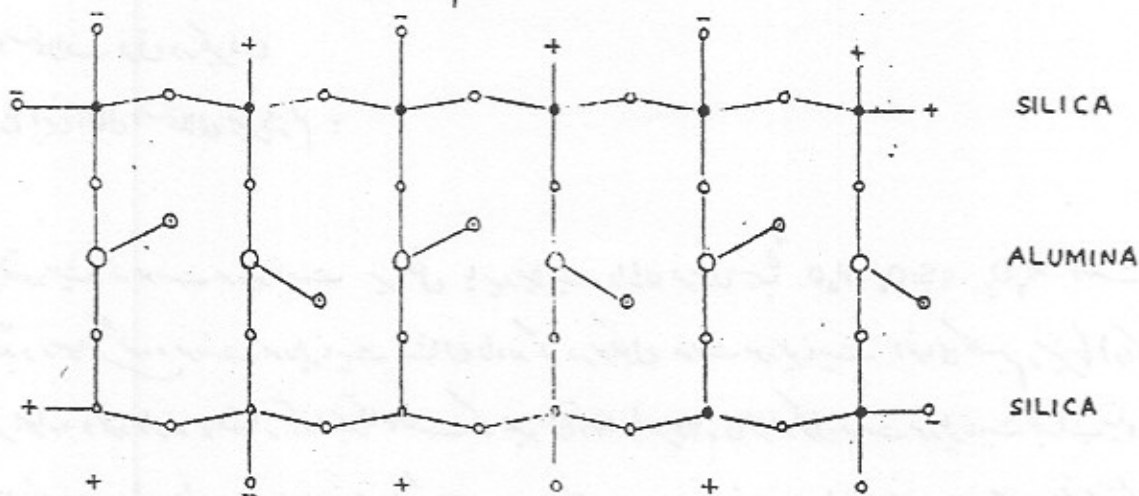
شکل ۳ (ب) - تجسم اتمی اتصال دو مولکول پایداریت بکدیگر

در شکل ۳، تجسم فضائی و تجسم اتمی دو مولکول پایداریت را مشاهده میکنید که از طول بهم پیوسته اند. این طول میتواند از چپ و راست (تا بینهایت) ادامه پیدا کند، یعنی مولکولها پایداریت دیگری میتوانند خود را از طرفین، با این دو مولکول بچسباند و طول آنرا افزایش داده و رشته ای مرکب از مولکولها پایداریت بهم پیوسته که دارای طول زیاد، ضخامت واحد و عمق واحد میباشد بوجود آورند (شکل ۴).

اگر تعداد زیادی از این رشته ها، در کنار هم قرار گیرند و بهم متصل شوند میتوانند صفتی بزرگی را بوجود آورند که صفتی کتاف را میباشند. بدین است که ضخامت آن صفتی بزرگ، همچنان بر هر واحد، طول آنرا، برآوردار رشته، و عمق آنرا برآوردار



شکل ۴ (الف) - تجسم فضائی یک رشته



شکل ۴ (ب) - تجسم اتمی یک رشته

عمق یک رشته ضربه تعداد رشته ها خواهد بود. عامل اتصال رشته ها بکلیه گیر ظرفیت های خنثی نشده انتهای آلیترین است که در بالای پائین سطح سیلیکاتی رشته ها وجود دارند. کلیه ظرفیت های لبه ای این رشته ها و هم چنین ظرفیت های انتهای صغیر بزرگ که گمان خنثی نشده باقی میماند مگر آنکه مولکولهای جدیدی به درون آنها رشته ها چسبیده و طول آنها را زیادتر کنند و یا اینکه رشته های جدیدی در کنار رشته های قبلی قرار گیرند و عرض و پیچ را افزایش دهند، که در حالت اول ظرفیت های لبه ای رشته ها و در حالت دوم ظرفیت های انتهای صغیر بزرگ خنثی خواهند شد. در هر دو صورت، اگر چه این ظرفیت ها خنثی میشوند لکن هم در ظرفیت های خنثی نشده تازه ای بر لبه های رشته ها و انتهای صغیر و در فاصله ای دورتر بوجود خواهد آمد.

در طبیعت وقتی تعداد بی شماری از این صفحات عرضی و طولی مثل اوراق یک دفترچه روی هم انباشته شوند، توده های بزرگی را با ضخامت زیاد بوجود میآورند لکن این صفت با یکدیگر چندان اتحادی ندارند: در حقیقت آنجا که در لایه سیلیکاتی از دو lattice (یا شبکه) هم روی هم قرار گیرند، نیروی جاذبه اندکی وجود دارد. همین دلیل هم مجموعه این صفحات، اگر تحت اثر یک نیروی برشی قرار گیرند، از هم جدا شده و پراکنده میگردند.

صفحات پایروزیلایت در طرفین خود دارای پتانسیل یکسان هستند و چون در روی سطح سیلیکاتی آنها هیچگونه base قابل تعویضی وجود ندارد، بنابراین فاقد خواص base exchange میباشند. این صفحات در آب تبلور نشده و باد نمیکنند و در

بسیاری از موارد، inert یا غیر فعال هستند. تنها وقتی که از طول یا عرض شکسته میشوند در لبه خود دارای بار الکتریکی میگردند و فقط در همین نقاط است که میتوانند پیونده تشکیل دهند.

در مولکول پایدیلیت، سه نوع استخلاف ممکن است رخ دهد:

۱- نشستن اتمهای Zn, Fe, Mg و غیره بجای اتم Al از لایه بیانی آلومینائی

۲- نشستن اتم Al بجای اتم Si از لایه بی بیلیکائی

۳- اتناق هر دو استخلاف فوق در یک زمان

اینک بشرح این اعمال استخلافی میپردازیم:

مدهتا چنین تصور میشود که مونت موریلونایت نیز مثل پایدیلیت دارای فرمول شیمیائی $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ است. لیکن تجزیه بی متده در رسها گروه مونت موریلونایت نشان دادند که در مولکول مونت موریلونایت اتمهای کلسیم و منیزیم (واکنشده بی بیلیکائی) نیز همواره وجود دارند و مقدار آنها بجزی است که بقدر آن آنها را جزء لازمی از مولکول مونت موریلونایت بحساب نیارند. از آنجا که تنها تفاوت شیمیائی بین ساختمانهای شبکه ای پایدیلیت و مونت موریلونایت وجود همین اتم منیزیم در مولکول مونت موریلونایت است، بنابراین خواص مونت موریلونایت بگسل به حضور این base در آن دارد. البته base بی دیگری هم هستند که میتوانند در شبکه ساختمان رسهای گروه مونت موریلونایت وجود داشته باشند. بعضی از این base بی در position بی قابل توفیض و برخی دیگر در position بی غیر قابل توفیض قرار میگیرند. مثلاً base بی Li^+ , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Cr^{3+} , Al^{3+} میتوانند علاوه بر منیزیم (و نیز بجای آن) در داخل شبکه رسها گروه مونت موریلونایت و در position بی غیر قابل توفیض بنشینند و base بی Ca^{2+} , H^+ , Na^+ تا حدوری هم لقب) میتوانند در روی سطح لایه بی بیلیکائی مولکول بی مونت موریلونایت و در position بی قابل توفیض قرار بگیرند.

همانطوریکه گفته شد مولکول کانی پایدیلیت از نظر الکتریکی خنثی و موازنه شده است و هیچگونه base قابل توفیض ندارد. این صفت سه لایه ای، هر چه اتم دارد در لایه بی بیلیکائی برده و در لایه آلومینائی درده بنمایش گذاشته است. علاوه بر این اتمها، عامل هیدروکسیل (OH^-) نیز در لایه درده و مشخصاً روی اتم Al قرار گرفته است.

ساختمان شبکه ای مایکا با نیز شبیه ساختمان شبکه ای پایدیلیت است. مضافاً اینکه یک اتم منیزیم، با

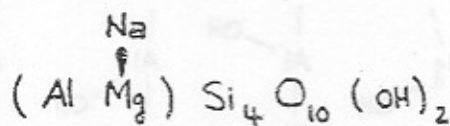
(*) basic oxides (یا اکسید بی بیلیکائی)، اکسید بی نظری ای هستند که اگر با آب ترکیب شوند، تولید یک



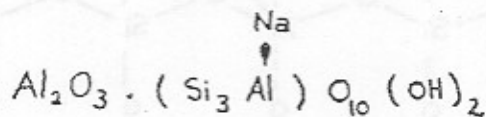
باز میکنند

پیوندی والانس به اندرون شبکه مایکا طوری متصل شده است که (اتم تاسیم) در خارج شبکه مایکا و در بالای سطح لایه سیلیکاتی ماکول آن قرار گرفته است. این اتم تاسیم تنها در روی یکی از دو لایه سیلیکاتی ماکول مایکا وجود دارند نه در روی هر دو آنها.

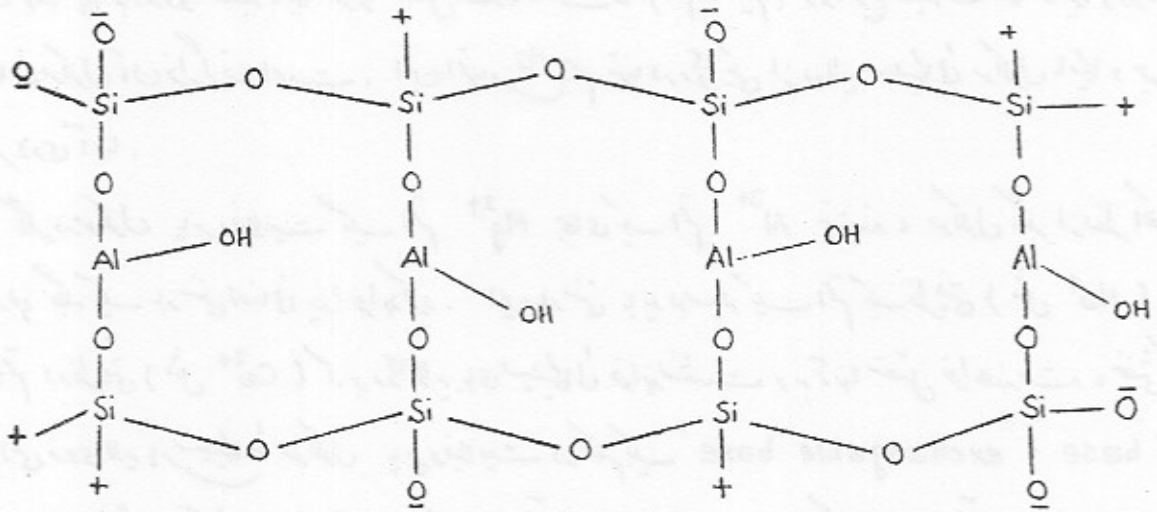
اگر در ماکول پایدیلایت یک اتم Mg^{2+} بجای یک اتم Al^{3+} بنشیند، ماکول دیگر از نظر الکتریکی خنثی نخواهد بود بلکه یک بار منفی اضافی پیدا خواهد کرد. این بار منفی باید توسط یک اتم یک ظرفیتی (مثل Na^+) و یا نصف یک اتم دو ظرفیتی (مثل Ca^{2+}) که بر روی لایه های سیلیکاتی خواهد نشست و به آنها متصل خواهند شد، خنثی گردد. وجود چنین اتمی روی لایه های سیلیکاتی ماکول پایدیلایت در حکم یک *exchangable base* یا *base* قابل تعویض خواهد بود و حضورش در آنجا باعث تبدیل ماکول غیر فعال پایدیلایت به ماکول بسیار فعال مونت موریلونایت میشود. مونت موریلونایت برخلاف پایدیلایت ترکیبی است نسبت فعال، یعنی در آب و محیط های آبی، قابلیت تبلور، پراکندگی، یونیزاسیون، ارائه *base* قابل تعویض و غیره دارد. نایش ماکول پایدیلایت که در آن یک اتم منیزیم بجای یک اتم آلومینوم نشسته و بار منفی اضافی حاصل توسط یک اتم سدیم خنثی شده است بصورت زیر میباشد:



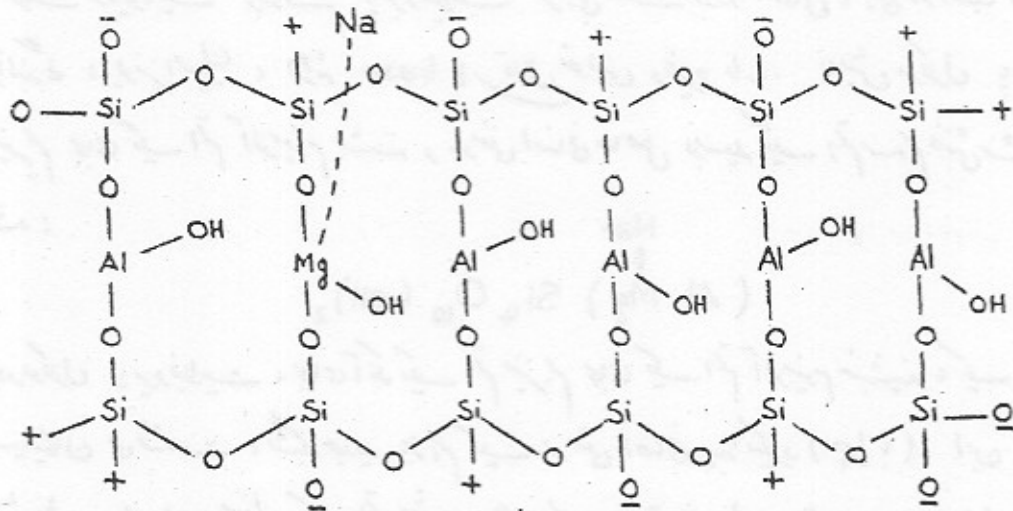
اگر در ماکول پایدیلایت، بجای آنکه یک اتم منیزیم بجای یک اتم آلومینوم بنشیند، یک اتم آلومینوم بجای یک اتم سیلیکان می نشیند، شبکه جدید با هم یک بار منفی اضافی پیدا میکند (جرا؟). این بار منفی نیز باید مثل دفعه قبل خنثی شود. برای این منظور یک اتم مثبت لازم است تا خود را به بالا و زیر صفحات سیلیکاتی برساند، به آنها متصل شود و بار منفی را خنثی کند. ماکول جدیدی که با این ترتیب ایجاد میشود *beidellite* نام دارد و در مقایسه با ماکول غیر فعال پایدیلایت، بسیار فعال میباشد. نایش چنین ماکولی به شکل زیر است:



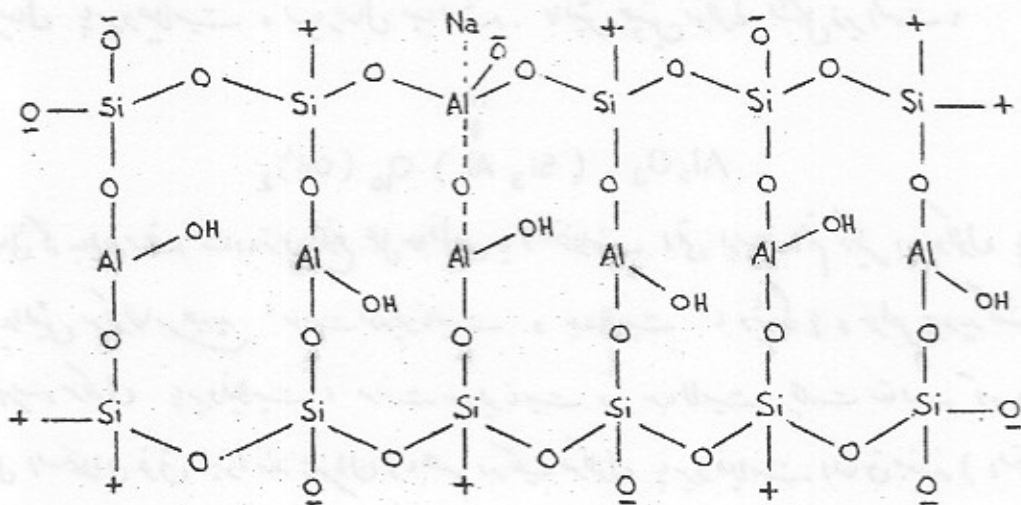
شاهداتی که بیان شده ساده ترین نوع عمل جانشینی یا استخلاف اتمی توسط اتم دیگر در ماکول پایدیلایت است که منجر به پیدایش ماکولها جدید مونت موریلونایت و بدیلایت با ویژگی ها و خواص جدید گشت. در شکل ۵ نایش اتمی هر سه ماکول پایدیلایت، مونت موریلونایت و بدیلایت بجهت مقایسه آورده شده است. اعمال استخلافی فوق میتوانند همزمان و با هم در یک ماکول پایدیلایت اتفاق بینند (استخلاف مضاعف) باین معنی که یک اتم منیزیم بجای یک اتم آلومینوم بنشیند و یک اتم آلومینوم بجای یک اتم سیلیکان قرار گیرد. باین ترتیب استخلافی پیچیده تر حاصل میشود که دو بار منفی اضافی روی لایه های سیلیکاتی ماکول پایدیلایت بوجود میآورد و لاجرم برای خنثی کردن این دو بار منفی به دو اتم مثبت نیاز خواهد بود. نتیجه یک چنین جانشینی پیچیده تری ماکول خواهد بود که



پایروفیلایت



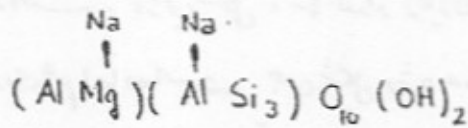
مونت موریلونایت



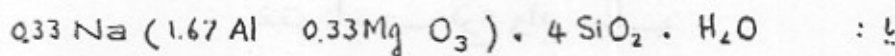
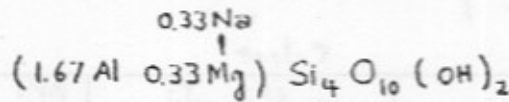
بدهلایت

شکل ۵

شکل زیر نمایش داده میشود:



چنانکه از این فرمول برسیار، لطف آنها آلومینوم بوسیله یک اتم منیزیم و ربع آنها سیلیکان بوسیله یک اتم آلومینوم توضیح شده اند و حال آنکه آزمایشات کمی نشان میدهد که تنها اتم منیزیم است که میتواند فقط $\frac{1}{6}$ انهای آلومینوم را تقویض کند و اتم آلومینوم اصلاً قادر نیست اتم سیلیکان را جایگزین نماید. بنابراین فرمول شیمیائی مونت موریلونایت حاصل شکل زیر خواهد شد:



تذکره یک - اگر در مولکول پایدیلیت، بجای base منیزیم، base آل از قبیل Fe^{2+} ، Fe^{3+} جای نشین اتم آلومینوم گردند، آنگاه گانه های دیگر گروه رسها بنتونایت - یعنی saponite, hectorite, nontronite - بر جود خواهند آمد.

تذکره دو - گفتیم که در اثر استخلاف منفرد یا مضاعف، یک یا چند شاره منفی بر روی لایه های سیلیکائی مولکول پایدیلیت بر جود میآید که تعادل مولکول را از نظر الکتریکی بهم زده و آزارشته منفی میکند. چون فقط بخشی از این شاره های منفی توسط آنها مثبت (یا کاتیونها) - که لایه های سیلیکائی همسایه را با نیروی ضعیفی بهم متصل میکنند - خنثی میشود، بنابراین، صفات مونت موریلونایت حاصل از استخلاف (یا عبارت عامیانه تر، ذرات بنتونایت) در مجموع دارای شاره منفی هستند و ابری از کاتیونها آنها را همراه کرده است.

مقایسه بنتونایت و رسهای تجارتی از نظر

FLUID LOSS, THIXOTROPY, VISCOSITY

مهمترین و معمولترین رسی که برای ایجاد VIS و کنترل FL گلهای حفاری، به آب زده میشود Wyoming bentonite است که عمدتاً از گانه sodium montmorillonite درست شده است. این بنتونایت در نتیجه در آب شیرین واقع شود، صفاتش در اثر جذب آب بدور خود، تا آنجا باد کرده و متورم میشوند که نیروی بین صغی ای آنها مست شده و کوچکترین نیروی برشی میتواند صفات را یکی یکی مثل ورق های کاغذ از دستم خود جدا کند. این پدیده به dispersion معروف است. dispersion سبب viscous شدن سیال میگردد زیرا در ورق شده صفات بنتونایت و پرکننده گشتن آنها در آب موجب افزایش تعداد آنها و سطح خارجیشان میشود. در شکل ۶ یک ذره بنتونایت در زیر

میکروسکپ نشان داده شده است. در این شکل، شما تعداد زیادی از این صفات سینی شکل را می بینید که لبه ای

آنها مثل پره های یک پلکه روی هم افتاده است. همین شکل ویژه صفات بنتونایت است که باعث پدید آمدن خاصیت تورق در آن شده و بنتونایت

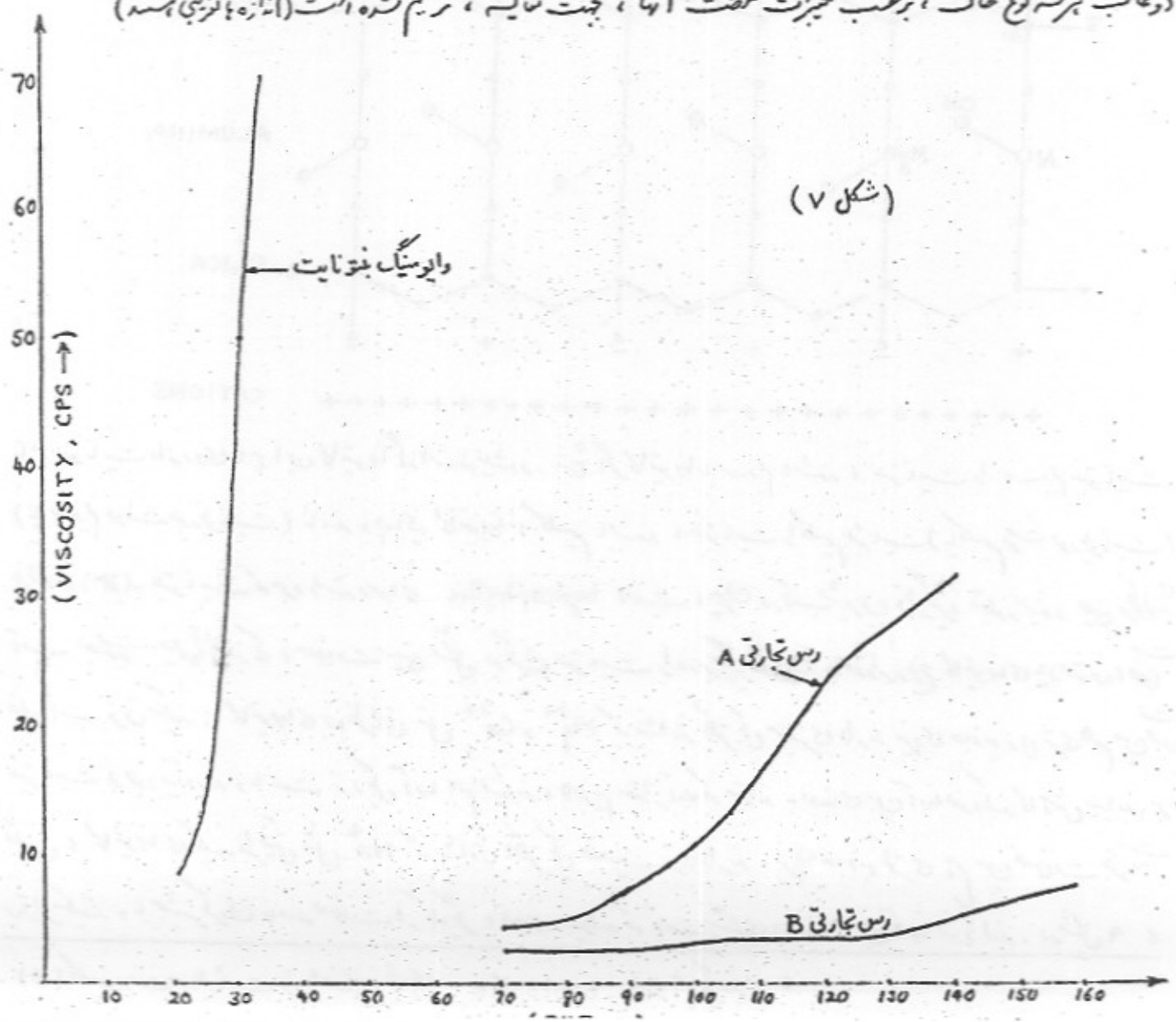
را قادر می سازد که دیواره چاه را انبساط دهد و مانع نفوذ صنایع گسل بر این سازند های نفوذ پذیر شود. در جدول ۳، صنایع ای صدرات گرفته است بین بهترین نوع بنتونایت (یعنی وایونینگ بنتونایت) و دوس تجارقی دیگر (یعنی رس های A و B) که هر کدام مخلوطی هستند از چند گانه سی با درصد های متفاوت که اندک هم سدیم سولفات موربونیات دارند.

جدول ۳

غلظت، رس (دوغاب (PPB))	pH	VISCOSITY (CPS)	نیگسوزا پی		API FL (CC)	ضخامت اندود 1/32"
			GS اولیه	GS ده دقیقه		
بنتونایت نوع وایونینگ						
21	8.30	8.6	2	15	17	3
22.75	8.30	10.9	3	18	16	3
24.5	8.30	16.0	6	23	15	3
26.25	8.20	21.8	13	34	13.5	3
28	8.20	33.9	22	47	14	3
29.75	8.20	48.4	55	80	13	3
31.5	8.30	67.8	85	145	13	3
33.25	8.30	87.3	95	155	13	3
35	8.30	92.1	130	200	12	3
رس تجارقی A						
70	7.50	4.4	7	12	57	5
87.5	7.60	6.8	17	22	50	6
105	7.60	13.2	42	47	42	6
122.5	7.60	24.5	82	92	39	7
140	7.60	31.5	92	112	34	7
رس تجارقی B						
70	7.55	2.6	2	2	82	6
87.5	7.55	2.6	7	7	79	6
105	7.55	3.5	7	7	71	6
122.5	7.55	3.5	12	12	63	6
140	7.50	5.3	12	12	60	6
157.5	7.45	7.5	15	20	55	6

درستون اول جدول دوغابهای با غلظت مختلف از این خاکها درست شده است و در تونل رسی، بترتیب pH ، viscosity ، thixotropy و fluid loss آنها اندازه گیری و مقایسه شده است. ملاحظه میشود که pH دوغابهای هر کدام از خاکها، صرف نظر از غلظت دوغاب، تقریباً ثابت است اما viscosity دوغابها، با زیاد شدن غلظت آنها، افزایش پیدا میکند و سرعت این افزایش در وایومینگ بنویایت بیشتر از رس A و در رس A بیشتر از رس B میباشد. از نظر نیکسوتراپی نیز وایومینگ بنویایت بهتر از رس A است. رس A تا حدی میزان همان نیکسوتراپی ایجاد شده، توسط وایومینگ بنویایت را تولید کند لیکن غلظت دوغابش باید افزایش داده شود. بنابراین رس A محتمل مداری از کانی های رسی قابل تبلور است اما رس B نیز با غیر فعال و خنثی است و نه میزان viscosity و نیکسوتراپی قابل ملاحظه ای ایجاد کند و نه قادر است جلو FL را بگیرد بنابراین بیشتر به مواد وزن افزایش میدهد تا به رسها و مسلماً محتمل کانی های قابل تبلور نمیشود یا اگر هم باشد مقدارش بسیار ناچیز است. نیکسوتراپی اندک هم که دوغاب این رس از خود نشان میدهد معلوم میشود که دوغاب آن دارای جریان نوع پلاستیک است (فصل سوم) یعنی برای شکستن سکون آن و حرکت در آوردنش احتیاج به مقدار معینی نیرو هست. در نمودار زیر، تغییرات viscosity دوغاب بر سه نوع خاک، بر حسب تغییرات غلظت آنها، بچیت نمایم، ترسیم شده است (اندازه ها تقریبی هستند)

(شکل ۷)

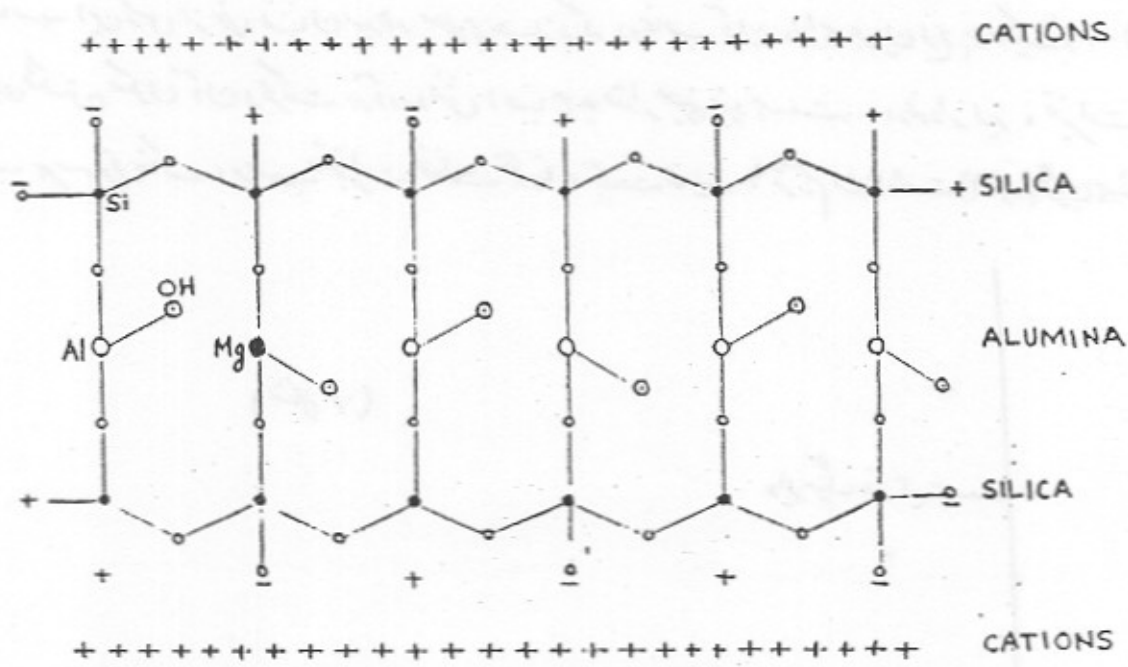


HYDRATION OF CLAYS تبلور رسها

رسها را از نظر تمایل به جذب آب به دو دسته تقسیم میکنند :

- ۱- رسهای hydrophilic که تمایل به جذب آب دارند
- ۲- رسهای hydrophobic که تمایل به جذب آب ندارند

موکلول مونت موریلونایت (که عوام آنرا بنتونایت میگویند) نیز مثل موکلول پایدرویلایت دارای ساختاری سه لایه ای است ، یعنی ذرات سینی شکل آن متشکل از سه لایه اند : یک لایه آلزاهدرال آلومینا (Al_2O_3) که بین دو لایه تراپتول سیلیکاتی (SiO_2) قرار گرفته است . مجموع این سه لایه ، موکلول یا صفحه بنتونایت را تشکیل میدهد که همانطوریکه ذکر شد دارای بار الکتریکی منفی است و بواسطه ابری از آنرا مثبت (یا کاتیونها) همراه شده است . تجسم اتمی یک چنین ساختاری ، در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۸)

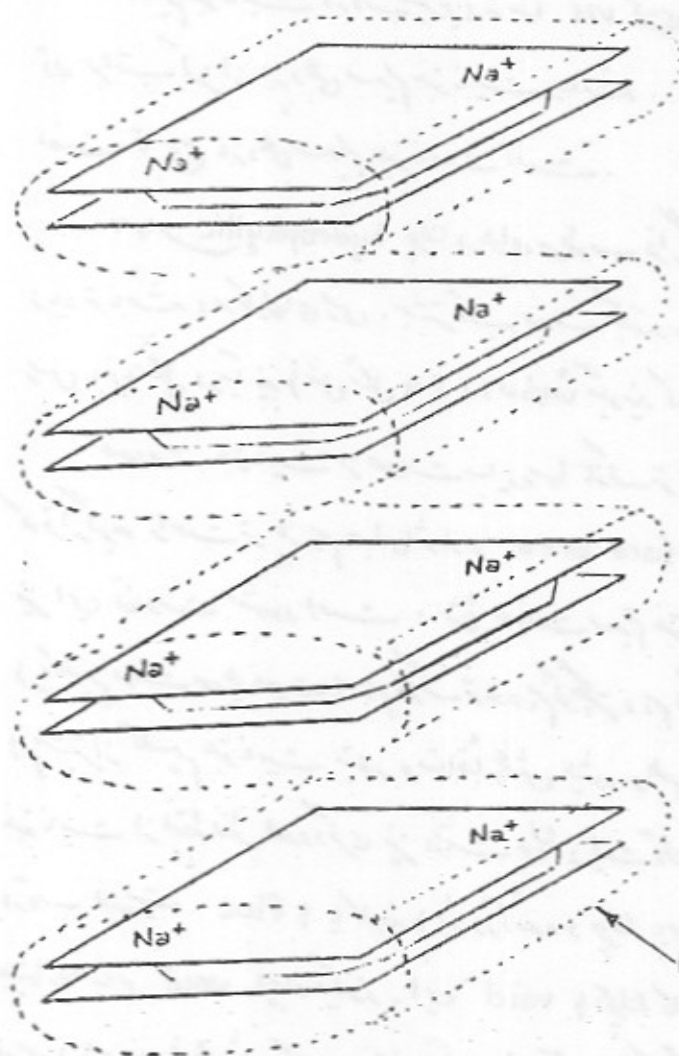


نام بنتونایت ، از روی نام این کاتیونها گذاشته میشود . مثلاً اگر کاتیونها ، سدیم باشند ، بنتونایت را سدیم بنتونایت (یا سدیم مونت موریلونایت) نامند و چنانچه کاتیونها ، کلسیم باشند ، بنتونایت را کلسیم بنتونایت (یا کلسیم مونت موریلونایت) خوانند (*) . بنتونایت که جزء دسته رسهای hydrophilic است ، چون در آب شلین درآید تبلور میشود یعنی موکلولهای آب بصورت فیبرهای نازک ، صفحات سینی شکل موکلول بنتونایت را در بر میگیرند . بسته به مقدار و نوع کاتیونها یا دشاره ، صفاتی فیلیم آب فرق میکنند : کاتیونهای دو ظرفیتی مثل Ca^{2+} و Mg^{2+} که شارژ الکتریکی بیشتری دارند نیروی جاذبه زیادتری هم بین صفحات بنتونایت بوجود میآورند و باعث نزدیکی آنها بهم میشوند ، لاجرم مقدار آبی که میتواند به فضای بین آنها نفوذ کند کاهش بیابد . بر عکس ، کاتیونهای یک ظرفیتی مثل Na^+ که شارژ الکتریکی ضعیفتری دارند ، نیروی جاذبه کمتری هم بین صفحات بنتونایت برقرار میکنند و با بیشتر کردن فاصله صفحات از یکدیگر ، اجازه میدهند که آب بیشتری در فضای بین آنها نفوذ کند . در شکل ۹ ،

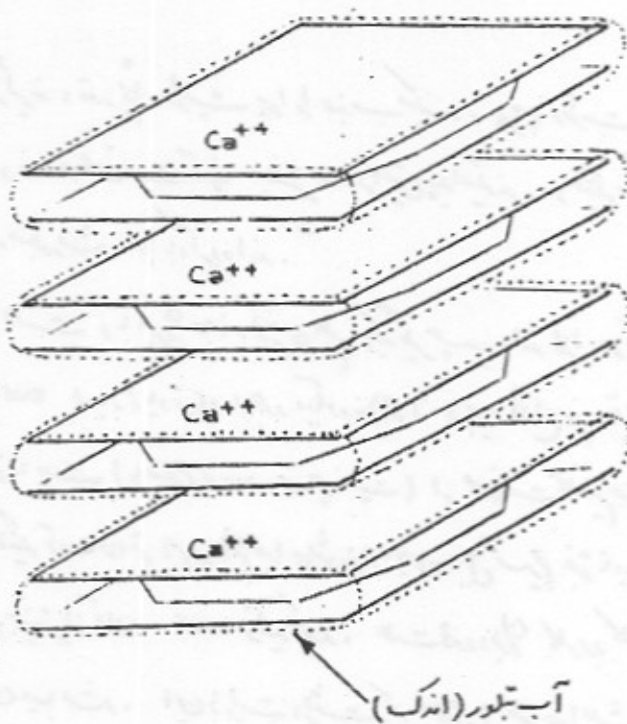
(*) کلسیم مونت موریلونایت را در اصطلاح تجاری sub-bentonite هم میگویند .

درجه تبلور نسبی سدیم بنتونایت و کلسیم بنتونایت را در آب شیرین مشاهده میکنید.

sodium montmorillonite



calcium montmorillonite



شکل ۹- مقایسه درجه تبلور نسبی سدیم مونت موریلونایت و کلسیم مونت موریلونایت

تذکر. فاصله بین صفحات بنتونایت علاوه بر آنکه به شارژ کاتیون بین آنها بستگی دارد - یعنی هر چه شارژ کاتیون زیادتر باشد فاصله صفحات کمتر است - به قطر خود کاتیونها هم بستگی دارد یعنی: کاتیونها بزرگتر، صفحات را بیشتر از کاتیونهای کوچکتر از هم دور میکنند. مثلاً قطر کاتیون کلسیم برابر $0.99A$ و قطر کاتیون سدیم برابر $0.97A$ باشد. بنابراین کاتیون کلسیم برای آنکه بین صفحات بنتونایت جای خود را باز کند ناچار است که - نسبت به کاتیون سدیم - صفحات را بیشتر، از هم دور کند. پس آنچه که در نهایت، فاصله بین صفحات بنتونایت را تعیین میکند برآیند دو عامل: شارژ کاتیون و اندازه قطر کاتیونها است.

سدیم بنتونایت در حدود ۱۰ برابر حجم اصل خود و کلسیم بنتونایت در حدود 4 ± 2 برابر حجم اصل خود در آب شیرین باد میکند. بعبارت دیگر، سدیم بنتونایت در آب شیرین در حدود ۴ برابر کلسیم بنتونایت، متبلور و تورم میشود. این بیان معنی است که اگر با آب شیرین دو نوع آب با غلظت های مساوی، یکی با سدیم بنتونایت و دیگری با کلسیم بنتونایت است

کنیم ، دوغاب آبد نسبت به دوغاب دوم VIS زیاده تری خواهد داشت و چنانچه بخواهیم VIS بر دی آرناسا شود باید مقدار کلسیم فتونایت را (از نظر وزنی) چهار مرتبه بیشتر از مقدار سیم فتونایت بگیریم .

کلسیم فتونایت در آب شیرین نه تنها VIS کمتری نسبت به سیم فتونایت میدهد ، بلکه بازدهی آن نیز در چنین آبی بر آب کمز از بازدهی سیم فتونایت میباشد . در حقیقت بازدهی کلسیم فتونایت در آب شیرین در حدود نصف تا ربع بازدهی سیم فتونایت است .

وسایل hydrophillic چون درهای مرطوب قرار گیرند ، تدریجاً رطوبت هوا را جذب میکنند . هر چه رطوبت هوا زیاد تر باشد ، مولکولهای رس ، بیشتر آب جذب میکنند و فاصله صفحات آنها بیشتر ، افزایش پیدا میکند . دقیقه مولکولهای رس با این شکل در میانید (مثل شکل ۹) ، اصطلاحاً میگویند که متبلور شده یا باد کرده اند .

صفحات فتونایت از صفحات سایر رسها نازک تر است و با نیروی جاذبه کمتری هم بکلیت چسبیده اند لذا در آب که قرار گیرند راحت تر از هم جدا می شوند و surface area بسیار زیادتری بوجود می آورند (*) درین ایزاع خود فتونایت نیز این تفاوت مشهود است : مثلاً صفحات سیم فتونایت (یا سیم نونت مورونایت) از صفحات کلسیم فتونایت (یا کلسیم نونت مورونایت) هم نازک ترند و هم کوچکتر و هم آینه آسان تر هم از هم جدا می شوند . همین دلیل سیم فتونایت ، هم بیشتر از کلسیم فتونایت متبلور و متعاقباً بخش میشود و هم بیشتر از آن VIS تولید میکند . علت محدود بودن کاربرد کلسیم فتونایت از نقطه نظر اندودگری نیز درشت بودن ذرات آن میباشد . این ذرات درشت که بسبب آن از هم جدا میشوند ، در آب بصورت floc یا کپوضه های درآمده و چون بین صورت بر دیاره چاه نشینند ، در میان خود فضاهای خالی بیشمار با نام void ایجاد میکنند . این void ها همچون کانالی صاف گگل را از خود عبور میدهند . این وضعیت نه تنها در مورد رس نامرغوبی مثل کلسیم فتونایت پیش می آید ، بلکه مگس است در مورد مرغوبترین نوع فتونایت هم رخ دهد . در صفحات آینه فراهم دید که اگر غلظت آنها محلول فاز مایع گگل از حد تجاوز کند ، چگونه ذرات والومینگ فتونایت نیز کپوضه ای شده و FL گگل را افزایش میدهند .

کلسیم فتونایت را عمدتاً در مواردی بکار میبرند که برای کنترل VIS و FL گگل ، ذرات جامد درشت تر ، مناسب باشد . مثلاً در ضمن گلهای آب دریا که درشتی ذرات جامد گگل ، مانند مان مواد کنترل کننده FL را بجز آن قابل ملاحظه ای افزایش میدهد ، از کلسیم فتونایت - که افزودن آن ذرات درشت گگل است - استفاده شده است .

Cleavage Spacing (یا فضای بین صفهای) در مورد صفحات موازی رس اینطوره تعریف میشود : فاصله کنکین صغیر تا کنکین صغیر مجاور آن . این فاصله در مورد مولکولهای رس ، در هوا خشک ، اندازه گیری شده است .

(*) اگر ۵ گرم فتونایت در آب ریخته شود و خوب mix گردد تا ذرات و صفهای آن آرام جدا شوند ، مساحت سطح صفحات حاصل تقریباً معادل مساحت یک زمین فوتبال خواهد شد !

در مورد سدیم نوبت موریلونایت این فاصله برابر 4.8 \AA و در مورد کلسیم نوبت موریلونایت با سدیم نوبت موریلونایت برابر 12.1 \AA است 11.8 میباشد. علت این تفاوت در فاصله یا فضای بین صفحاتی مولکولهای قوت، در حقیقت اینست که در بین صفحات نوبت موریلونایت آب وجود ندارد و همین دلیل این صفحات هم نزدیکترند در حالیکه صفحات نوبت موریلونایت کلسیم نوبت موریلونایت در بین خود دارای یک لایه آب مولکولی هستند

انرژی تبلور یون سدیم (Na^+) از انرژی تبلور یون کلسیم (Ca^{2+}) کمتر است و همین دلیل هم کمتر از آن آب جذب میکند. در نتیجه سدیم نوبت موریلونایت و کلسیم نوبت موریلونایت در معرض برانی قرار گیرند که در نهایت نسبی آن در نتیجه است، فاصله بین صفحات آنها بر حسب مقدار آب که جذب میکنند از این پیدا میکنند. هر چه کمتر این فاصله وقتی است که این در برابر آب قرار گیرند. در جدول زیر فاصله بین صفحات کلسیم نوبت موریلونایت بر حسب مقدار آب که این در جذب میکند نشان داده شده است:

جدول ۴

غلظت رس دوغاب (PPB)	cleavage Spacing (Å)
35.05	11.25
48.72	12.10
68.35	13.4
84.82	14.6
103.40	15.1
127.23	15.6
146.51	15.7
206.80	17.8

اگر این رسها در محیط مرطوبی قرار گیرند که بتوانند تا آنجا که جا دارند، آب جذب کنند، آنگاه فاصله صفحات مولکول سدیم نوبت موریلونایت به 12.5 \AA و فاصله صفحات مولکول کلسیم نوبت موریلونایت به 17.8 \AA خواهد رسید. اکنون اگر این مولکولها در آب قرار داده شوند، صفحات مولکولهای کلسیم نوبت موریلونایت در اثر یک نیروی برشی (مثل هم زدن یا تکان دادن) از هم جدا میشوند و در آب پخش میشوند و مولکولهای سدیم نوبت موریلونایت هنوز جا دارند که مقداری آب جذب کنند و فاصله صفحات خود را مجدداً به 40 \AA برسانند. بعد از این، صفحات مولکولهای سدیم نوبت موریلونایت نیز در اثر یک نیروی برشی از هم جدا میشوند و در آب پخش میگردند.

مکانیزم جذب رطوبت رسها شامل دو مرحله است:

مرحله اول تبلور کاترینهای قابل توفیض است. در این مرحله، کاترین قابل توفیض:

اگر Ca^{2+} یا Mg^{2+} باشد ۶ مولکول آب لازم است،

اگر Li^+ باشد ۳ مولکول (یا کمتر) آب لازم است و

اگر Na^+ ، K^+ ، H^+ باشد، کاترین اصلاً تبلور نمیشود

مرحله دوم تبلور سطح لایه سیلیکاتی است. آنچه که برای این تبلور لازم است نسبت به آب که برای تبلور کاتیونهای قابل توفیق لازم می باشد، با قدرت کمتری به سطح لایه سیلیکاتی می چسبد. اگر مطلوبت هوا افزایش پیدا کند و یا اینکه غبونایت در آب واقع شود، لایه های دیگری از آب ممکن است روی لایه اول که در سطح لایه سیلیکاتی است قرار گیرند. حداکثر آنچه که برای تبلور صفحات غبونایت لازم است آن مقداری است که بتواند حد ماسل سطح لایه سیلیکاتی و کاتیون جایگاه را پر کند.

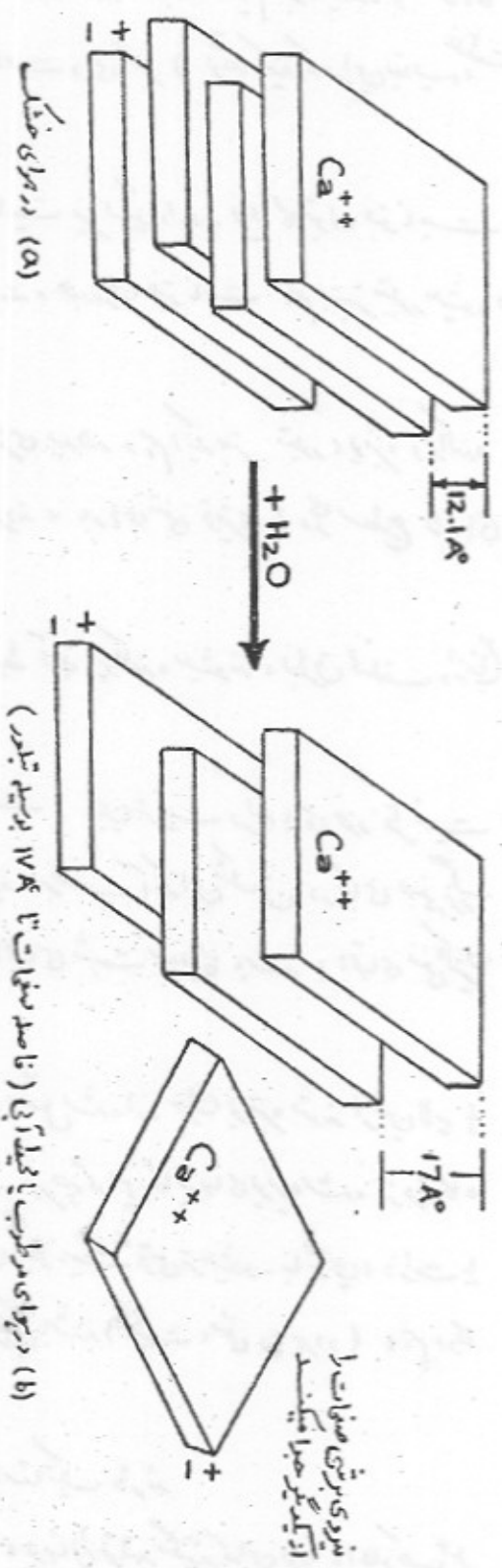
در شکل ۱۰، تغییرات حاصل در ذرات aggregate شده سدیم غبونایت و کلسیم غبونایت در اثر تماس با هوای مرطوب و آب شیرین نشان داده شده است.

قبل از آنکه کار آئی غبونایت و دیگر رسوبات قابل تبلور در محیط های آب را دنبال کنیم لازم است اثر base exchange cation را روی این پدیده بررسی کنیم. گفتیم که ساختمان مولکول مونت موریلونایت منتهی از دو لایه سیلیکاتی تراهدرال است که بوسیله یونهای اکسژن اتم آلومینوم از لایه تراهدرال آلومیناتی، بهم متصل شده اند. اگر این اتم آلومینوم بوسیله اتم دیگری که ظرفیت کمتری دارد (مثلاً اتم منیزیم) جایگزین شود، آنگاه در محل جایگانی، یک بار منفی اضافی باقی خواهد ماند که باید بوسیله یک کاتیون یک ظرفیتی یا چند ظرفیتی که از طرف خارج شبکه بر روی لایه های سیلیکاتی مولکول یا نزدیک آنها قرار خواهد گرفت، خنثی شود.

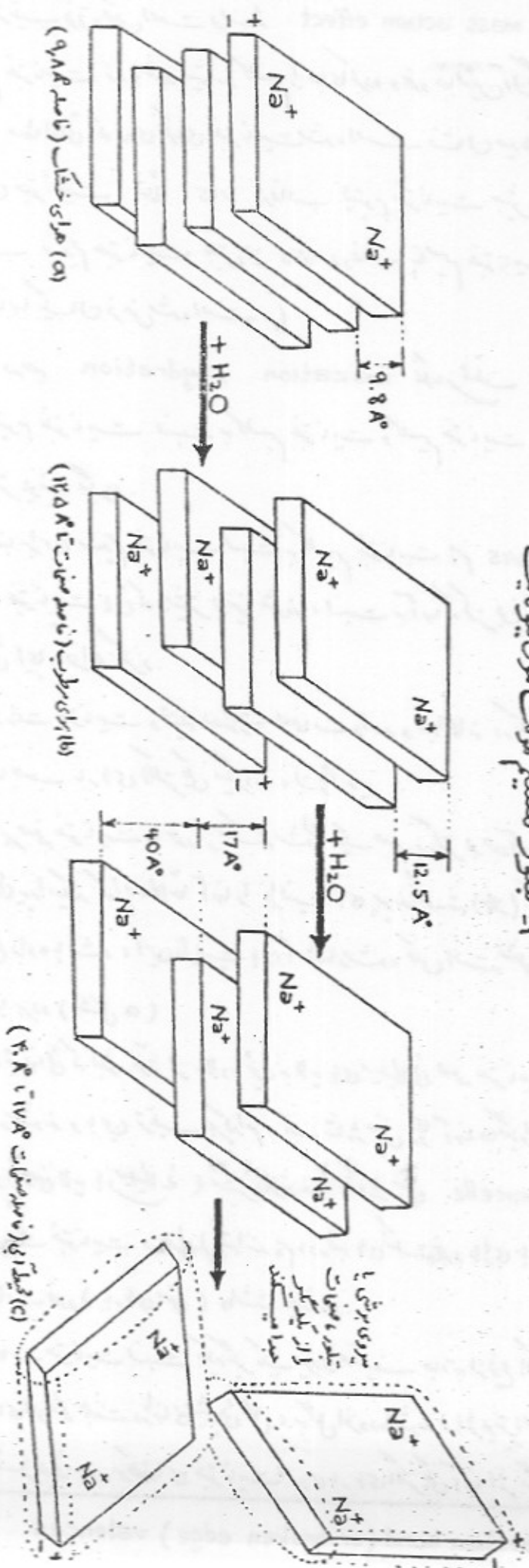
اثر کاتیونهای مختلف که بتوانند به رادیکال غبونایت بچسبند مورد بررسی وسیع قرار گرفته است. با اندازه گیری zeta potential (*) ممکنه مختلف غبونایت، ترتیب جایگانی یک کاتیون بوسیله کاتیونهای دیگر تعیین شده است. بر طبق این اندازه گیری، Z.P. لیونیوم غبونایت حداکثر و Z.P. هیدروژن غبونایت حداقل است و در تمام موارد، شارژ روی micelle (***)، منفی بوده است. Z.P. زیاد، نشان دهنده اینست که کاتیون قابل توفیق مسافت نسبتاً زیادی از micelle دور می شود. این وضع به دیگر کاتیونها فرصت میدهد که خود را به فضای بین سطح لایه سیلیکاتی و کاتیون جایگاه رسانده و جایی او را بگیرند. با این ترتیب کاتیونهای زیادی میتوانند یکدیگر را جایگزین کنند. در میان کاتیونهای ردیف زیر ترتیب چنین است که هر کاتیون میتواند کاتیونهای سمت راست خود را جایگزین کند و جانشین آنها شود: H Ba Sr Ca Mg K Na Li

(*) zeta potential یا electrokinetic potential عبارتست از پتانسیل الکتریکی در سطح تماس (***) micelle با تجمع های مولکول اجسام آبی یا معدنی هستند که در محلولها کوللوئیدی ایجاد میشوند. مثلاً از بخیرهای بلند واحدی مسافتی منفرد که بردش ای سیلیکاتی بهم پیوسته اند و پیلوب پیلوی بهم قرار گرفته و دسته های از بخیرها را بوجود آورده اند، micelle خوانده میشوند. در بحث فلشاسی جفای، micelle به ذره غبونایتی گفته میشود که در اثر تبلور، یونهای متری فویش را از دست داده باشد و در اثری از یونهای باقیمانده تصور شده باشد.

(شکل ۱۰)



۱- تبلور کلسیم هیدروکسید موریلو نایت



۲- تبلور سدیم هیدروکسید موریلو نایت

البته ترتیب فوق ممکن است بواسطه mass action effect واژگون شود مثلاً سدیم اگر با غلظت بار زیاد به کلسیم فتونایت زده شود میتواند کلسیم را جایگزین کرده و خود جانشین آن گردد.

مطالعاتی که روی نمکهای فتونایت شده است نشان میدهد که VIS دوغابها هم غلظت آنها بستگی دارد به نوع کاتیون فتونایت. مثلاً VIS دوغاب لیتیم فتونایت بیش از VIS دوغاب سدیم فتونایت و VIS دوغاب سدیم فتونایت بیش از VIS دوغاب پتاسیم فتونایت است و الی آخر (توجه کنید که در این بقاییم، غلظت همه دوغابها یکسان فرض شده است.)

درجه ionization و hydration نمکها مختلف فتونایت نیز بستگی دارد به نوع کاتیون فتونایت. مثلاً لیتیم فتونایت نسبت به کلسیم فتونایت و کلسیم فتونایت نسبت به هیدروژن فتونایت هم بیشتر تبلور میشود و هم بیشتر یونیزه میگردد.

بنابراین سدیم فتونایت نسبت به کلسیم فتونایت هم VIS بیشتری میدهد و هم اینکه بهتر تبلور، یونیزه و پراکنده میشود. فتونایت هایی که بیشتر یونیزه شوند، نسبت به آنها که کمتر یونیزه بگیرند، بارهای منفی قویتری را روی سطح لایه های سیلیکاتی ایجاد خواهند کرد.

ذرات فتونایت وقتی که بصورت صفحات واحد و جداگانه در یک محیط آبی پراکنده میشوند، بطرق مختلف واژنگا متعدد صاحب بارهای الکتریکی میگردند، بشرح زیر:

اولاً - هر صفحه فتونایت، خود از شبکه ششگانه یک صفحه بزرگتر بوجود آمده است. باین ترتیب در لبه های خود ظرفیت های پیدا میکند که اصطلاحاً آنها را ظرفیت های پیوند شکسته (*) میگویند. بر حسب آنکه این شکستن در کجای صفحه بزرگ رخ داده باشد، این ظرفیت های آشکار شده ممکن است متعلق به اتمهای مثبت سیلیکا باشند یا اتمهای منفی آلومین و یا هر دو (شکل ۵)

ثانیاً - کاتیونهایی که بطور موثر از بالای لایه های سیلیکاتی صفحه فتونایت متصل شده اند چون یونیزه شوند از این لایه ها دور میشوند و باین ترتیب هر کدام، یک شارژ منفی روی آنها جا میگذارند. هر چه که این کاتیونهای یونیزه شده از قرارگاه خود (یعنی لایه سیلیکاتی) بیشتر دور شوند، شارژ منفی micelle های فتونایت قوی تر میشود. بنابراین، ذرات یا صفحات فتونایت در هر لحظه میتوانند هم در لبه های شکسته خود دارای بار الکتریکی باشند (مثبت، منفی و یا هر دو) و هم روی صفحات خود (بارهای منفی) داشته باشند.

ثالثاً - صفحات فتونایت نسبت به یکدیگر یک نیروی ضعیف جاذبه از نوع الکزواستاتیک دارند. رابعاً - نمکهای محلولی که جفت در آنها شیمیائی گل، به گل افزوده میشوند در اثر یونیزه آلومین، یونهای تولید میکنند که این یونها با ایجاد یک ابر یا تمسخر لونی مدور مولکولهای فتونایت، روی بارهای الکتریکی آنها اثر میگذارند.

(*) broken bond (or broken edge) valences

میزان تبلور دانه های فبتونایت بستگی دارد به نوع کاتیون آنها و فاصله ای که کاتیون بهنگام یونیزاسیون، از قرارگاه خود بگیرد. اگر کاتیون قابل توفیق مثل Ca^{2+} و H^{+} با نیروی زیادی به لایه های سیلیکاتی متصل شده باشند، بهنگام یونیزاسیون از قرارگاههای خود زیاد دور میشوند لاجرم لایه های مجاور قرارگاه خود را زیاد فشار ندهند و از هم دور نمیکنند همین دلیل فاصله صفات اینگونه رسوبات از یکدیگر است، حتی پس از تبلور کامل، از ۱۵ تا ۱۷ آنستروم تجاوز نمیکنند. در حالیکه اگر کاتیونهای قابل توفیق مثل Na^{+} و Fa^{+} باشند که با نیروی کمتری به قرارگاه خود اتصال دارند، بهنگام یونیزاسیون، از لایه های سیلیکاتی زیاد دور میشوند و لذا فاصله صفات فبتونایت را بیشتر افزایش میدهند تا آنجا که با اعمال اندک نیروی برشی، این صفات از هم جدا شده و در فاز آب گسل، شناور میگرددند. شکل ۱۰ این اظهارات سطح را بصورت تصویر نشان میدهد: صفات کتسیم فبتونایت در حالیکه متبلور شده و بشکل "ساندویچ آب" (A) درآمده اند، همچنان بوسیله نیروهای ضعیف واندر والس (B) بیکدیگر پیوسته اند، در حالیکه سدیم فبتونایت همچنان متبلور شده که صفاتش کاملاً از هم دور گشته و در اثر اعمال یک نیروی برشی حتی از هم جدا شده و شناور گشته اند و در این حالت بوسیله قشری از آب مجاور درآمده ضماست این قشر آب، همانطوریکه گفته شد بستگی به فاصله ای دارد که کاتیونها از لایه های سیلیکاتی گرفته اند.

در این جا بدینت اشاره کنیم که علت یکسورتراپی دروغهای فبتونایت وجود ظرفیت های لبه ای (یا edge valences) در مولکولهای سیسی شکل فبتونایت است. این ظرفیت های لبه ای نسبت بیکدیگر دارای نیروی جاذبه هستند و این نیرو باعث میشود که وقتی در غاب بحالت سکون درآید، صفات فبتونایت متعلق در آن بیکدیگر متصل شده، صفات بزرگتری را بوجود آورده (از نظر مساحت) و ساختمان شبکه ای گسترده ای تشکیل دهند. گاهی هم ممکن است اتصال این صفات بیکدیگر بصورت نامنظم باشد و شبکه ای با ساختمان بی شکل بوجود آید. در هر صورت، شبکه جدیدی که از هم پیوستن لبه به لبه مولکولها فبتونایت حاصل میشود چه ساختمانی منظم داشته باشد و چه نامنظم، همین پدیده است که سبب بوجود آمدن تیکسوتراپی در دروغاب میشود.

در همین رابطه نیز بدینت اشاره کنیم که رسوبات گدازه کائولین چون در مولکول خود کاتیونها قابل توفیق ندارند بنابراین شارژ نامنفی ناشی از یونیزاسیون نیز در صفات سیلیکاتی خود ندارند و در آب هم متبلور نمیشوند لیکن ظرفیت بار پیوند با شکسته که در لبه های صفات آنها میتواند بوجود آید، اسباب اتصال منظم و یا نامنظم مولکولها را زیادتری از این رسوبات بیکدیگر فراهم می آورد. بنابراین رسوبات گدازه کائولین اگر در آب GS و VIS تولید میکنند قطعاً بواسطه وجود همین ظرفیت های پیوند شکسته در لبه های مولکولها آنهاست نه بعقت تبلور یا یونیزاسیون آنها (چه آنها متبلور میشوند و نه یونیزه)

(*) منظره اینست که آب بصورت ورقه یا فیلمی نازک به لابلای صفات کتسیم فبتونایت نفوذ کرده است.

(**) نیروی واندر والس (van der Waals forces) عبارتند از نیروهای جاذبه ضعیفی که بین مولکولها و

گرسالها وجود دارند.

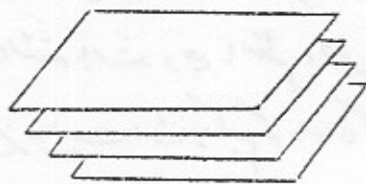
انواع اتصالات صفحات رس بیکدیگر

در مطالعه rheology درغابهای رسی و کنترل تغییرات خواص فیزیکی گلوله حنفاکی نه تنها باید از مقدار و کیفیت رس گل با اطلاع بود، بلکه باید انواع گوناگون اتصالات صفحات آنها را بیکدیگر نیز شناخت و نحوه درک کرد. هر صفحه سینی شکل رس دو وجه دارد: face (یا رویه، باشد از سمتی) و edge (یا لبه، باشد از پشت، سمتی یا هر دو) این شارژهای الکتریکی با ضافه کاتیونهای قابل توفض روی face، یک میدان نیروی الکتریکی در اطراف صفحه بوجود میآورد که رفتار این صفحه را در رابطه با سایر صفحات رس متعلق در دوغاب تعیین میکند. اگر این کاتیونهای قابل توفض از سطح صفحات رس جدا شده و از آنها دور شوند، آنگاه نیروی دفع بین صفحات (که اینک بار منفی پیدا کرده اند) زیاد شده و آنها بیکدیگر را دفع کرده و در فاز آب پراکنده میمانند. این پدیده را همانطوریکه یکبار دیگر هم اشاره شد dispersion میگویند. complete dispersion (یا پراکنده گه کامل) ندارد و تنها در دوغابهای رقیق ریزیم صورت سورئونیست حاصل ممکن است اتفاق بیفتد.

در موارد معمول، بین صفحات رس اتصال بوجود میآید که به یکی از سه شکل مختلف زیر (و یا ترکیبی از آنها) خواهد بود:

- | | |
|-----------------|--------------|
| 1) face to face | رویه به رویه |
| 2) edge to edge | لب به لب |
| 3) edge to face | لب به رویه |

AGGREGATION (یا اتصال رویه به رویه) صفحات رس موجب بوجود آمدن صفحات ضخیم تر آن خواهد شد.

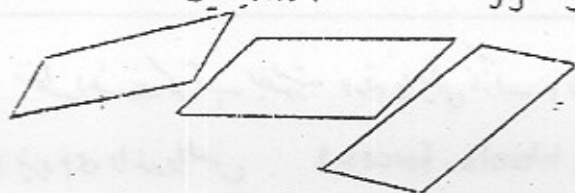


شکل ۱۱ - Aggregation

بدین ترتیب تعداد صفحات رس کاهش یافته و VIS دوغاب افت میکند. ورود کاتیونهای دو ظرفیتی مثل Ca^{2+} به گل سبب aggregation صفحات رس میشود. بنابراین افزودن lime و gypsum به گل

و هم چنین حنفاکی سیان و anhydrite هر یک میتواند مقداری یون Ca^{2+} را وارد گل نماید و در نتیجه این آلودگی، VIS گل، ابتدا افزایشی پیدا میکند و بزودی به کمترین مقدار قبلیش افت خواهد کرد (این پدیده را viscosity hump یا اوج گراندگی میگویند)

DISPERSION (یا پراکنده گه) که عکس aggregation است و منجر به پیدایش صفحات زیاد تر رس

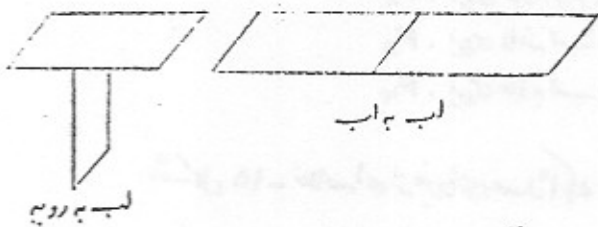


شکل ۱۲ - Dispersion

در دوغاب خواهد شد و بدینال آن VIS گل افزایش پیدا میکند. صفحات نبقونایت، قبل از تبلور (یعنی وقتیکه خشک هستند) معمولاً بصورت aggregated میباشند

لیکن چون در آب قرار گیرند و متبلور شوند بدنه‌های سبک از روی آنها جدا میشوند و بجای خود کبک شادتر مننی باقی میگذارند. صفات
 جاور هم که اینک بار منقی شدیدتری نسبت به قبل از تبلور پیدا کرده اند، یکدیگر را دفع میکنند. نیروهای برشی (مثل همزدن
 یا نکان دادن مخلول) نیز به دفع صفات از یکدیگر کمک کرده و باعث پراکنده گز آنها میشوند. درجه پراکنده گز صفات
 بقوتنایت در آب بستگی به عوامل زیر دارد: مقدار الکترولیت آب، زمان، درجه حرارت، کاترینهای قابل
 توفیق روی صفات رس، غلظت رس در دوغاب. هیچ رسمی نیست که در آب بطور کامل پراکنده شود. حتی اولوئیک
 بقوتنایت در درجه حرارت اطاق، در آب، صد درصد پراکنده نمیشود.

FLOCCULATION عبارتست از اتصال صفات رس بصورت آب به آب یا آب به رویم و یا هر دو. بدین

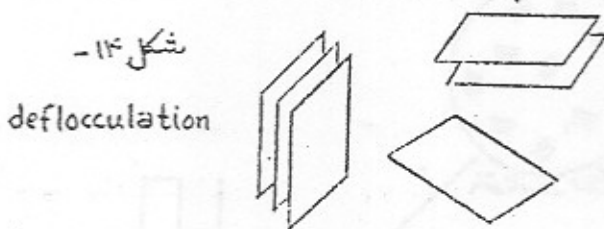


شکل ۱۳ - flocculation

ترتیب صفات رس، صفات پیدا میکنند شبیه خانه های
 کاغذی که کدوکان با ورق بازی میسازند. Flocculation
 سبب افزایش VIS میشود و میزان این افزایش بستگی
 دارد به تعداد صفاتی که آماده اتصال به یکدیگرند و نیز نیروائی

که روی آنها اثر میکنند. هر عاملی که نیروهای دفعه بین صفات را کم کند و یا بدینم آب در آنها را کاهش دهد (مثل ورودین
 های فلزی دو ظرفیتی به گگل و نیز حرارت زیاد) سبب افزایش flocculation میشود.

DEFLOCCULATION. بعضی مواد شیمیائی هستند که چون به گگل افزوده شوند شادتر های خنثی شده صفات



شکل ۱۴ - deflocculation

رس را خنثی میکنند و باین ترتیب مانع اتصال آب به لب
 یا لب به رویم آنها میگردند و یا اگر باین صورت متصل شده اند
 اتصال آنها را پاره میکنند. این عمل را deflocculation

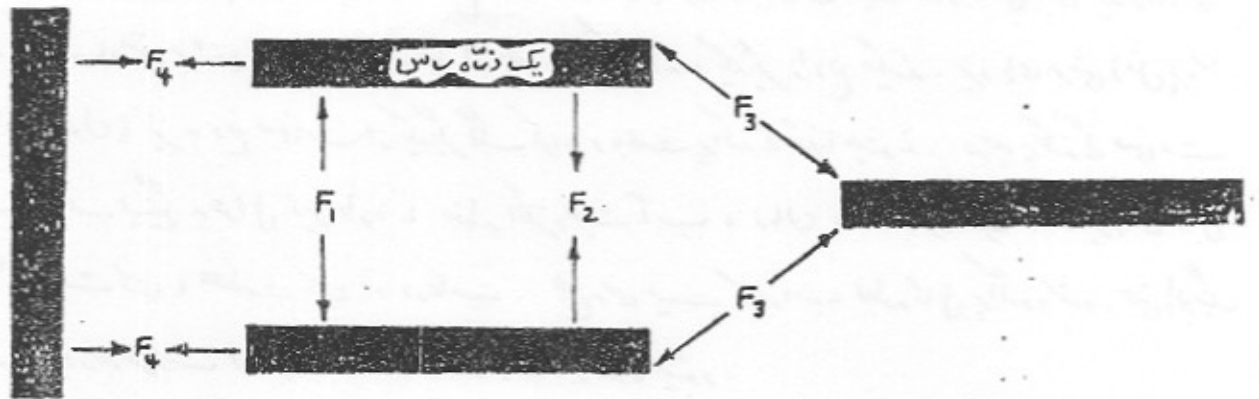
و ماده شیمیائی را deflocculant یا تیزر (thinner) میگویند. در فصل سوم راجع به تیزرهای شیمیائی صحبت خواهیم کرد

در شکل ۱۵، نیروهای عمده ای که روی صفات رس پراکنده در آب، وجود دارد و نیز تأثیرات متقابل که آنها بر هم
 میگذارند، نشان داده شده است

در شکل ۱۶، رابطه بین انواع اتصالات ذرات رس یکدیگر و نیروهای بین ذره ای نشان داده شده است.

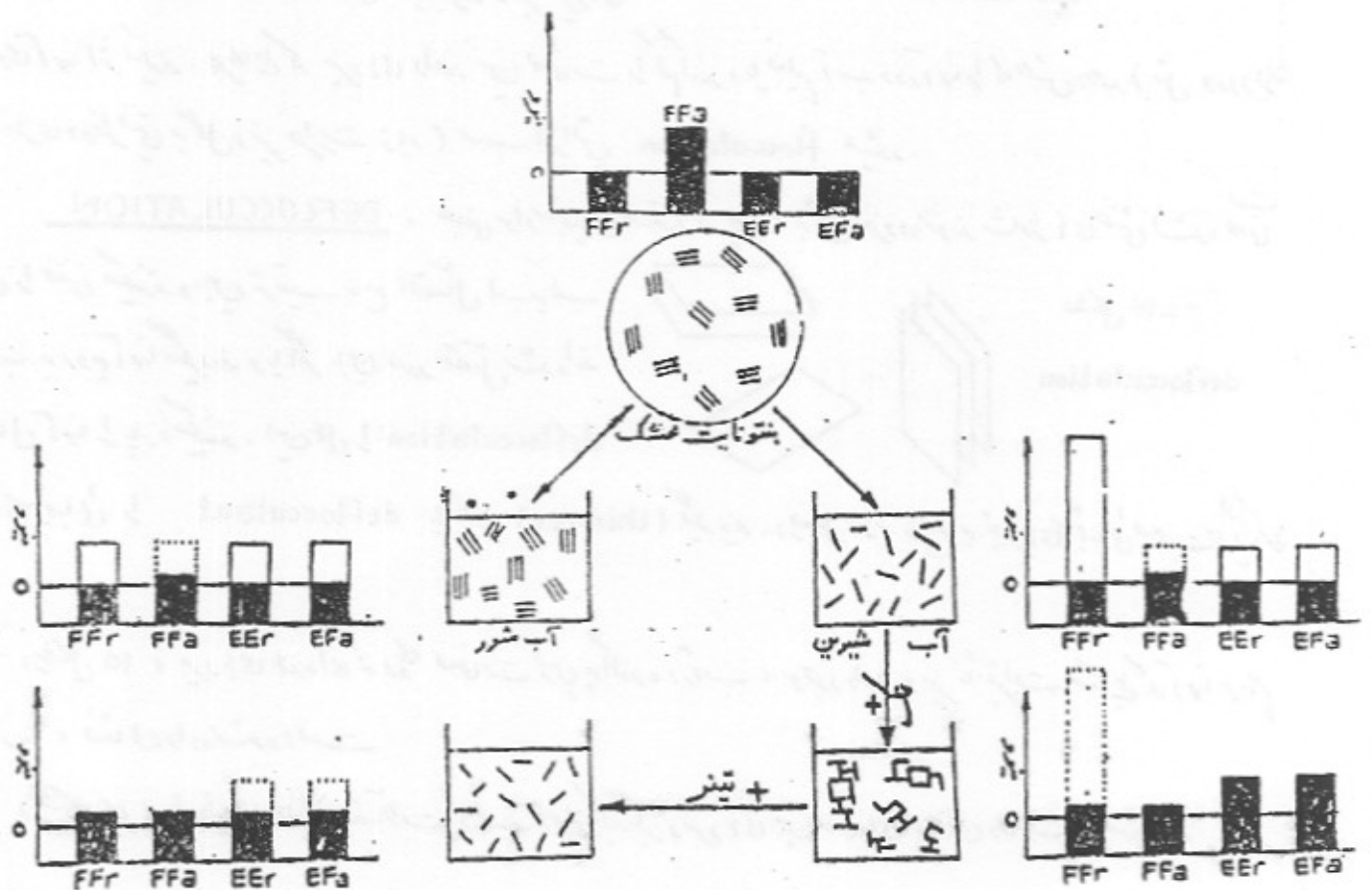
YIELD OF CLAYS یا **بازدهی رسها**

برای تهیه رسهای مختلف باید یکدیگر و مشخص کیفیت آنها در امر گگل سازی، نامنومی قرانیه شده است. نام yield
 (یا بازدهی) رسها، بنا بر قرانیه، تعداد بسته دوغاب 15 CPS که میتوان با یک تن رس خشک، در آب شیرین
 ساخت، yield یا بازدهی آن رس نامیده میشود و واحدش Bbl/ton است. مثلاً با یک تن دالزیتک بقوتنایت



- F_1 نیروی رافعه رویم به رویم (FFr)
- F_2 نیروی جذب رویم به رویم (FFa)
- F_3 نیروی رافعه لب به لب (EEr)
- F_4 نیروی جذب لب به رویم (EFa)

شکل ۱۵ - خلاصه ای از نیروهای عمده ای که در محیط آبی ذرات رس اعمال میشوند



شکل ۱۶ - رابطه بین انواع اتصالات ذرات رس، و نیروهای بین ذرات

خشک و با آب شیرین، میتوان در حدود ۹۰ تا ۱۰۰ بشکه دوغاب ساخت که VIS آن ۱۵ cps باشد. بنابراین بازدهی وایونیک بنتونایت (۹۰-۱۰۰ Bbl/ton) میباشد. بازدهی سایر انواع رسها از این مقدار کمتر است. بازدهی رسها را بصورت دیگری هم میتوان تعریف کرد: آن مقدار رس خشک (بر حسب پاونده) که بتوان با آن در آب شیرین یک بشکه دوغاب با ویسکاسیتی ۱۵ cps ساخت. در مورد وایونیک بنتونایت این مقدار ۲۲ تا ۲۴٫۵ پاونده است یعنی اگر ۲۲ تا ۲۴٫۵ پاونده وایونیک بنتونایت را تدریجاً به یک بشکه آب شیرین اضافه کنیم، دوغاب حاصل خواهد شد که VIS آن ۱۵ cps میباشد. در این معیار، بازدهی سایر انواع رسها از ۲۲ تا ۲۴٫۵ پاونده در بشکه زیادتر است. در جدول زیر میزان بازدهی چند نوع رس جهت مقایسه با یکدیگر آورده شده است:

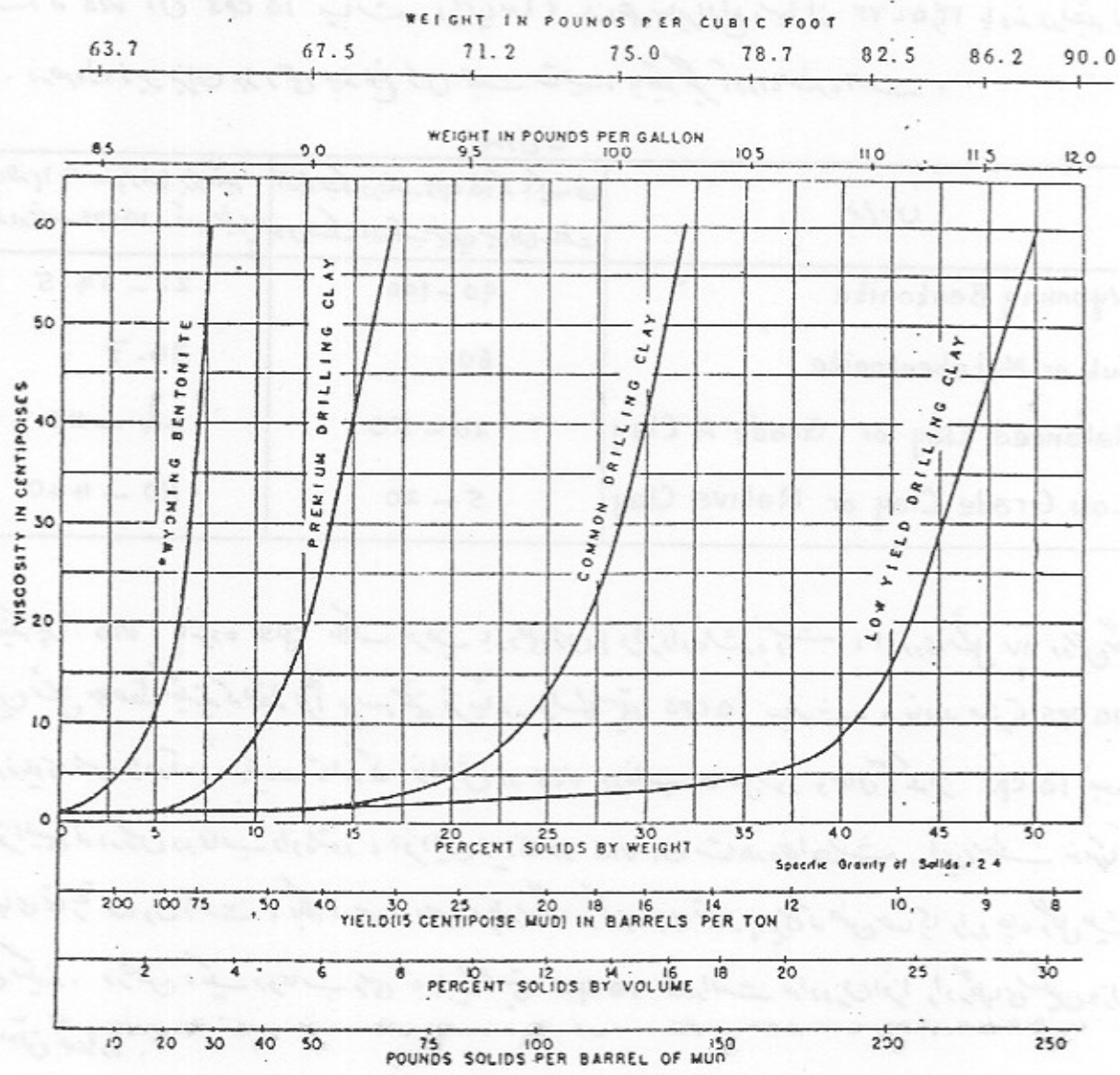
جدول ۵

نوع رس	تعداد بشکه دوغاب ۱۵ cps که با یک تن رس خشک ۱۰۰ در آب شیرین میتوان ساخت	وزن رس لازم (بر حسب پاونده) برای تهیه یک بشکه دوغاب ۱۵ cps در آب شیرین
Wyoming Bentonite	۹۰ - ۱۰۰	۲۲ - ۲۴٫۵
Sub or Metabentonite	۶۰	۳۶٫۷
Balanced Clay or Grade A Clay	۲۰ - ۵۰	۴۴ - ۱۱۰
Low Grade Clay or Native Clay	۵ - ۲۰	۱۱۰ - ۴۴۰

اینکه چرا VIS پانزده cps ملاک تعریف بازدهی رس قرار داده شده است، از روی شکل ۱۷ روشن میگردد. با توجه به این شکل ملاحظه میکنید که نقطه بحرانی هر سه منحنی تقریباً در ویسکاسیتی ۱۵ cps میباشد. در فاصله منفرات ۱۵ cps، باید مقدار زیادی رس را در آب ریخت تا آنکه افزایش در VIS دوغاب حاصل شود و حال آنکه از ۱۵ cps بعد، اندک افزایشی که در رس دوغاب داده شود، افزایش زیادی در VIS آن مشاهده خواهد شد. این مطلب نه تنها در مورد رسهای تجاری صادق است، بلکه در مورد رسها، پلمه سنگها و کنده های تبلور پذیری که ضمن حفاری وارد چاه و گل میشوند نیز صادق میگردد. در ضمن، یک دوغاب رسی با ویسکاسیتی ۱۵ cps قادر است مواد وزن افزا را در گلهای سنگین وزن بصورت معلق نگهدارد.

شکل ۱۷ میتواند برای مهندس گظت ساس بسیار مفید باشد زیرا او بکلف این شکل و فقط با داشتن VIS دوغابی رسی میتواند اطلاعاتی از قبل: وزن دوغاب، درصد گل و وزنی جامدات آن، بازدهی رس و مقدار وزن رس لازم در هر بشکه دوغاب برآورد کند. ویسکاسیتی ۱۵ cps را بسادگی بدست آورد.

میزان مثال: برای تهیه یک دوغاب، با ویسکاسیتی ۱۵ cps احتیاج به تقریباً ۲۰ PPB وایونیک بنتونایت است. با توجه به شکل ۱۷، چنین دوغابی دارای مشخصات زیر خواهد بود:



*A good salt clay in salt water approximates the bentonite yield curve in fresh water.
 (From "Principles of Drilling Mud Control" Eleventh Edition)

شکل ۱۷ - منحنی بازدهی رسها

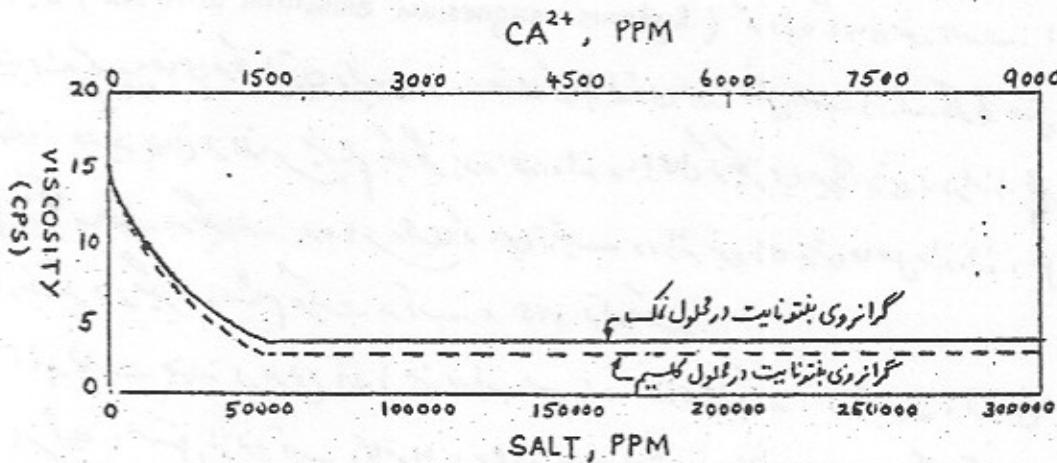
وزن 8.6 PPG
 درصد وزن جامدات 5.5
 درصد حجمی جامدات 2.5
 بازدهی 100 Bbl/ton

اگر رسی آب کمتری جذب کند، طبیعی است که بازدهی آن نیز کمتر خواهد بود. مثلاً در شمال قبل از جای والینگ بنتونا از subbentonite استفاده میشد، آنگاه برآهیم دوغاب با ویسکاسیتی 15 cps احتیاج به تقریباً 75 PPG از آن میبود. در این صورت بسیار شگفت است این دوغاب تکرار زیر میشد:

وزن 9.4 PPG
 درصد وزن جامدات 18
 درصد حجمی جامدات 8.5
 بازدهی 28 Bbl/ton

عوامل مؤثر در بازدهی رسیها

اگر رس خشک را به آبه بزیمیم که محتوی نمک یا یونهای فلزی مختلف باشد، hydration و dispersion آن نسبت کاهش خواهد یافت. مثلاً در حناهای دریایی، برای پرفیز از حل آب شیرین از خشکی بر سر چاه و در حقیقت خاطر رعایت جنبه اقتصادی کار، گل حنای مورد نیاز را با آب دریا میسازند. در چنین آبه حتی والینگ بنتونایت هم بتور و پراکندگی خوبی نخواهد داشت. در شکل زیر اثر سیم کلااید و یون کلیم را روی ویسکاسیتی خشک ملاحظه میکنید:



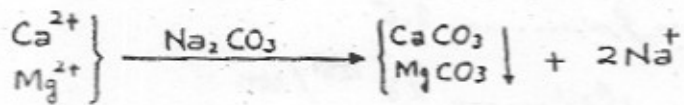
شکل ۱۸- اثر سیم کلااید و یون کلیم روی گل انروی بنتونایت خشک

بطوریکه میزان چنین اظهار داشت که تبلور رسهای شیرین - شل سیم بنتونایت - افزایش غلظت یونها
نزی آب، سرعت کاهش پیدا میکنند. این پدیده در شکل ۱۹ بهتر نشان داده شده است. (این شکل، در مقدار

راک. به مالکوبار. فصل ۳. ص ۴. شکلهای ۷، ۶

شکل ۱۹

سادی بنتونایت یکی را در آب شیرین و دیگری را در آب شور قرار داده و بعد از گذشت ۷۲ ساعت میزان تبلور و تورم آنها
مقایسه شده است. چنانکه ملاحظه می شود، بنتونایت در آب شیرین برآب بیشتر از آب شور تبلور و متعاقب آن
متورم میشود. در آب شور، میزان تبلور و تورم بنتونایت اگر صفر نباشد، بسیار ناچیز است.
بمانظر یک میدانید، آبی که محتوی املاح محلول کلیم و نیزیم باشد، آب سخت نام دارد. اگر ناچارید محل حفاری را با
چنین آبی بسازید، برای آنگاه ۷۱۵ دریافتی شما از رس (بنتونایت) زیاد باشد، کیروش اینست که آبرای سرداش
درمان کنید تا یونها کلیم و نیزیم آن، بصورت کربناتهای محلول راسب شوند.



مقدار سرداش از روی سختی کل (یا ppm کلیم و نیزیم) آب، تعیین میشود.
اگر ناچارید محل حفاری را با آبی که محتوی سیم کلراید زیاد است بسازید، تنها راه کاهش غلظت نمک شور آب اینست که آبرای
با آب شیرین آنقدر رقیق کنید که ppm نمک آن کمتر از ۱۰۰۰۰ شود. در چنین آبی، بنتونایت باز هم فایده خواهد داشت.

ATTAPULGITE CLAY (یا رس آب شور)

کینوع رس دیگر وجود دارد بنام attapulgit clay یا fullers earth یا salt water clay
نام شیمیایی (hydrous magnesium aluminum silicate) که ویژه آبهای شور است. این رس یک کانی غیر
بزدنی است که ساختمان مولکولی آن زنجیره ای و ساختمان کریستالی آن سوزنی شکل است (راک. مالکوبار. فصل ۳. شکل ۸). زنجیره
silicate بر سیم پلهایی از اتمس نیزیم بگرا بپونده خورده اند و با اعمال کوچکترین برش و در اندازه محرز طوایف بریده میشوند
و در محل بریدگی صاحب بار بگردند. پاره ۴ زنجیری که بین ترتیب دو اثر برشهای برشی حاصل شده اند، شل بسته های بارور
نی گذارند بگر قرار بگیرند و به نام حرکت در آب، ۷۱۵ تولید میکنند.

آنانچه لجابیت بتواند در هر نوع آبی (حتی شور آب سیر)، ۷۱۵ تولید کند، در کیفیت، قرانایی این کانی در ایجاد
در محیط آبی، مستقیماً از نوع آب و کاترینهای موجود در آن میباشد. در غلظت آرساکی: آنانچه لجابیت در آبهای غلیظ،
تقریباً همانقدر بازدهی دارد و گرانزدی میدهد که بنتونایت در آب شیرین از خودش میدهد: سیر اینست که یک تن بنتونایت
در آب شیرین در حدود ۹۰ بشکه دوغاب میدهد که ۷۱۵ آن ۱۵ cps میباشد. سیر آبرای در ۱۱ - ۱۰

شوراب سیر می توان تقریباً ۹۰ بشکه درغاب ۱۵ cps ساخت. تنها تفاوت عمده ای که این دو درغاب با هم دارند آنست که درغاب بنتونایت FL را بجز کنترل می کند و درغاب آتاپولجایت قادر باین کار نیست: آزمایش نشان داده است که API FL درغاب آدل (۱۴°C/30 min) است درحالی که API FL درغاب دوم در حدود (۱۴۵°C/30 min) میباشد. این نقطه ضعف آتاپولجایت البته قابل جبران است: اگر لازم شود، با افزودن مواد کنترل کننده FL - مثل نشاسته pregelatinized - به درغاب آتاپولجایت، میزان FL آنرا در حدود نظر کنترل کرد. توانایی آتاپولجایت در ایجاد VIS، برخلاف بنتونایت، بستگی به hydration (یا تلور) آن در آب ندارد بلکه مربوط میشود به میزان shear و دسته های سوزنی شکل کریستالهای آن. این VIS ناشی از دو عامل زیر است:

- ۱- تشکیل ساختمان دسته جادویی در اثر نیروی برشی (شبه حرکات بله دسته در آب)
 - ۲- وقتی که سوزنها در اثر نیروی برشی شکسته میشوند در کوب آن؛ "بارهای پیوند شکسته" بوجود می آید که این بارها، خود باعث بوجود آمدن نیروی جاذبه بین ذرات آتاپولجایت میشود.
- بررسی خواص و ویژگی های آتاپولجایت این سؤال را مطرح می سازد که حال که آتاپولجایت در هر آبی میتواند VIS بدهد، چرا دیگر از بنتونایت استفاده میشود؟ پاسخ اینست که:

- الف - آتاپولجایت گرانتر از بنتونایت است.
- ب - آتاپولجایت بواسطه ساختمان کریستال سوزنی شکل منحصر به فردش قادر نیست FL را کنترل کند.
- پ - کنترل خواص rheologic (ویسکوزیته) آتاپولجایت شکل تر از کنترل خواص rheologic درغابهای بنتونایت است.

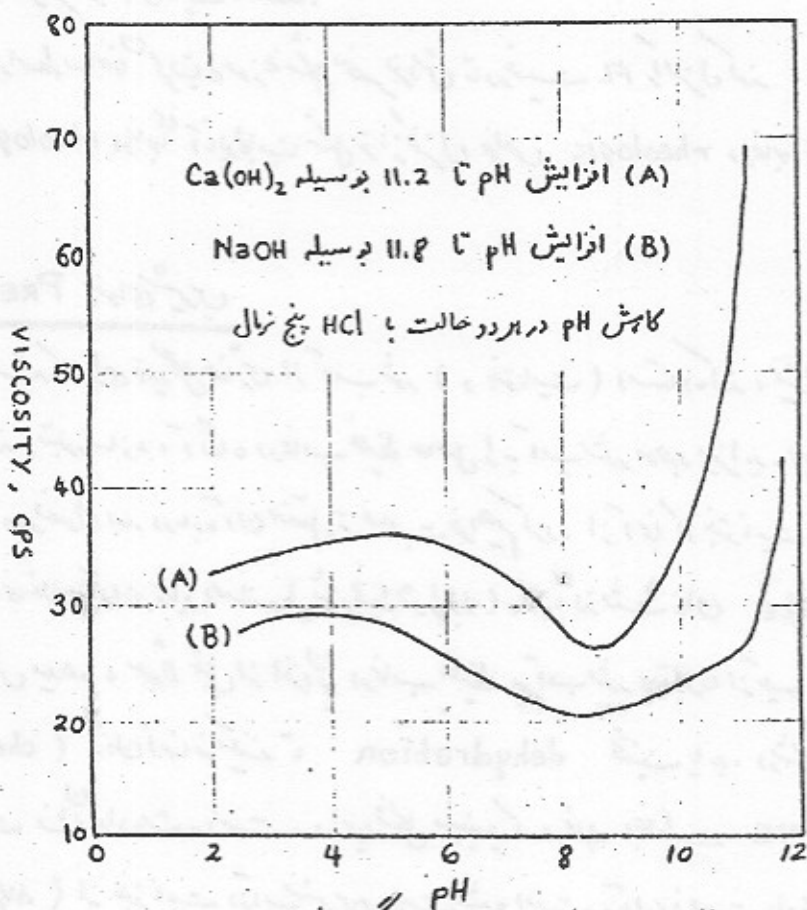
PREHYDRATION رسوهای شیرین

اگر گلشناس ناچار باشد که برای تهیه گل حفاری از آب شور (و بنتونایت) استفاده کند، میتواند قبلاً بنتونایت را در تدریج آب شیرین حل کند و متبلور سازد، آنگاه درغاب غلیظ حاصل را به آب شور موجود بپزند. این تکنیک را prehydration میگویند و در فصول بعد درباره آن منحصراً صحبت خواهیم کرد. از آنجا که بنتونایت prehydrate شده در محیط آبی که غلظت کاتیونهای فلزی آن زیاد است (مثل محیط شورابها)، با گذشت زمان dehydrate شده و VIS درغاب خود را کاهش میدهد، معمولاً قبل از افزودن درغاب غلیظ به آب شور، تدریجاً از یک برآیند ساز شیمیایی (یا chemical dispersant) به آن اضافه میکنند تا dehydration تخفیف یابد. در شکل ۹ ماگوار، فصل ۲، prehydration بنتونایت نشان داده شده است. در این شکل میبینید که درغاب با غلظت 30 PFB و حجم ربع بشکه آزمایشگاهی (حاصل ۸۷.۵ ml) از بنتونایت در آب شیرین درست شده است و آن فرصت داده شده که متبلور شود. آنگاه این درغاب غلیظ را به شوراب با غلظت 100000 ppm سیمک ظرفیت و حجم سه ربع بشکه آزمایشگاهی (حاصل ۲۶۲.۵ ml) افزوده اند. حاصل، ۳۵۰ ml درغاب است که مشخصات آن عبارتند از: AV=47; PV=15; YP=63

از این شکل تجزیه پیداست که بنتونایت *prehydrate* شده ، در آب شور نیز پراکنده و بخش میگیرد. خواص *rheologic* دوغاب هم نشان میدهد که بنتونایت وظیفه خود را انجام داده است . البته با نظریه ذکر شده ، دوغاب فوق با گذشت زمان بخش زیادی از *vis* خود را ضمن پروسه *dehydration* از دست میدهد و همواره مقدار آن ، باقی میماند . همین مقدار *vis* که باقی میماند بمقدار قابل ملاحظه ای بیشتر از *vis* دوغاب است که از افزودن مستقیم بنتونایت خشک به شراب ، حاصل میشود .

اثر pH روی بنتونایت

اینکه اثر pH را روی بازدهی بنتونایت بررسی میکنیم . شکل زیر ، تغییرات *vis* یک دوغاب بنتونایتی را بر حسب تغییرات pH آن نشان میدهد . ملاحظه میکنید که pH روی *vis* دوغابهای سی اثر نمیدارد . بنابراین یک کار اساسی هندس گل ، انتخاب بهترین *range* ممکن برای pH گل است تا گل بتواند بهترین خواص *rheologic* ممکن را دارا شود . این شکل نشان میدهد که در محدوده pH هفت تا نه و نیم ، *vis* دوغاب بنتونایت در حداقل خود است . همین دلیل است که pH بسیاری از گلهای حفاری آبی را در این محدوده تنظیم میکنند .



شکل ۲ - اثر pH روی والیومیک بنتونایت

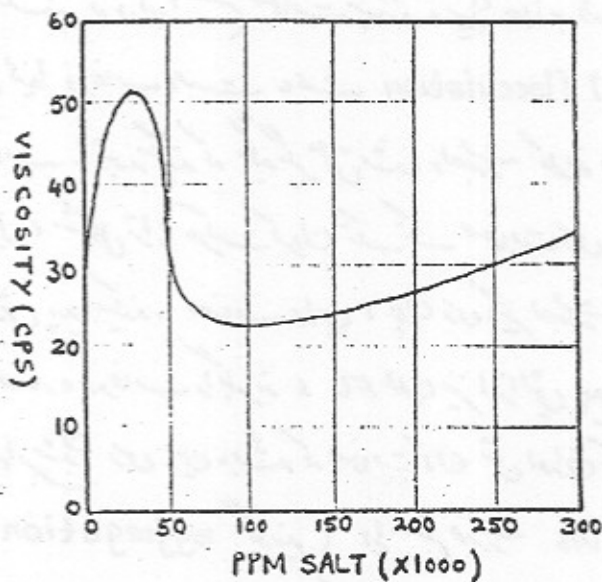
در مباحث قبلی همواره تأکید بر این بود که چگونه میتوان با مصرف حداقل بنتونایت ، حداکثر *vis* ممکن را دریافت کرد . اینست pH در آنستکه *vis* پای نماند ، از pH ۴ تا ۱۰ را که برای خواص *vis* گاه نامطلوبند ،

میزان در حدود مطلوب نگهدارند.

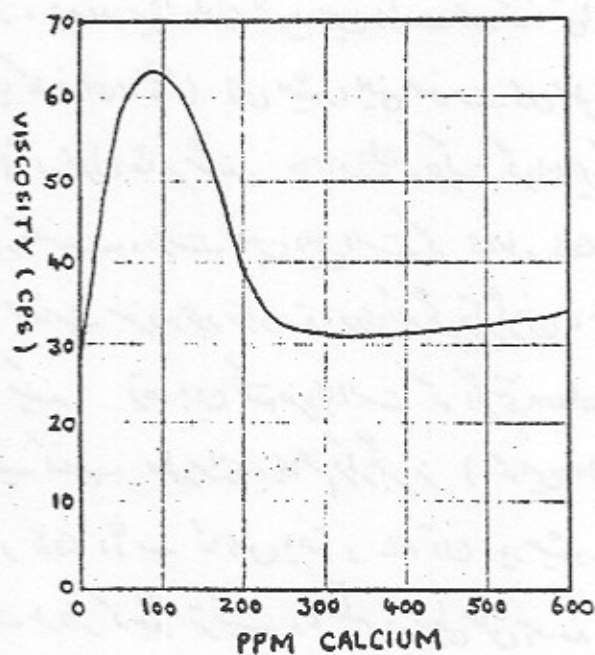
همه گلهای حیاتی را معمولاً در حالت تعیانی نگه میدارند یعنی pH آنها را جیس از ۷ انتخاب میکنند تا هم این رعایت شده باشد و هم میزان زنگ زدگی دستگاههای انتقال گل کاهش یابد.
در فصل بعد، گلهای high pH و موارد استعمال و روش های درمان آنها را شرح خواهیم داد.

اثر سدیم کلراید و کلسیم کلراید روی ویسکاسیتی Prehydrated Bentonite

اگر به دوغاب که از بنتونایت و آب شیرین درست شده است فرصت یافته که تبخیر شود، Na^+ و یا Ca^{2+} افزودن شود، واکنشی کاملاً متعادل از آنچه که در بالا بیان شد اتفاق خواهد افتاد. شکل های ۲۱ و ۲۲ این واکنش را نشان میدهند:



شکل ۲۱- اثر نمک روی بنتونایت prehydrated



شکل ۲۲- اثر کلسیم روی بنتونایت prehydrate شده

در این دو شکل ملاحظه میکنید که آلوده شدن دوغاب فوق به یونهای سدیم و کلسیم، ابتدا که ppm این یونها کم است موجب flocculate شدن صفات بنتونایت و در نتیجه، افزایش viscosity دوغاب شده است و چون ppm زیاد به از حدی تجاوز کنند (این حد برای Na^+ در حدود 30000 ppm و برای Ca^{2+} در حدود 90 ppm است) نوع اتصال صفات رس بیکدیگر عوض شده و flocculation تبدیل به aggregation میگردد و viscosity دوغاب در اثر dehydration و کاهش تعداد صفات آزاد، کم میشود.

افزایش viscosity دوغاب و کاهش مجدد آن در اثر زیاد شدن آلودگی دوغاب به یونهای Ca^{2+} ، Na^+ را همانطوریکه قبلاً ذکر هم اشاره شد، اصطلاحاً VISCOSITY HUMP (یا اوج لزجی) میگویند.

اثر نمکهای یک طرفی ضعیف بر کارایی فلوکولانت

افزودن سدیم کلراید (یا هر کاتیون یک طرفی دیگر) به دوغاب یک رس متبلور و پراکنده، موجب افزایش شارژ یونی محیط دوغاب میشود. یونهای کلراید، شارژ منفی و یونهای سدیم، شارژ مثبت محلول را افزایش میدهند. از طرفی، چون مولکولهای رس روی سطح خارجی خود، دارای بار الکتریکی منفی هستند، بهاره تامل دارند که بوسیله ابری از کاتیونها محاصره شوند. بنابراین گروهی از یونهای سدیم حاصل از یونیزاسیون سدیم کلراید، بسوی سطح صاف این صفحات رفته و خود را نسبت به آنها نزدیکتر از کاتیونهای میکنند که قبلاً روی آنها بوده اند و بدین ترتیب با منفی این صفحات را و نتیجتاً نیروی دافعه بین آنها را کاهش میدهند. در نتیجه، صفحات رس بیکدیگر نزدیک تر شده و با نیروی قویتری بهم پیوسته میگرددند بطوریکه، آب، بستیمی میتوانند در لابلای آنها نفوذ کرده و آنها را متبلور سازد و آنها که متبلور شده اند، بهنج ترتیب آب تبلور خود را از دست میدهند. نیروی دافعه کاهش یافته بین صفحات، با ضافه ظرفیت های پربند های شکسته که در لبه ایخ صفحات هستند و نیروی جاذبه دارند، با ضافه نیروی دافعه شدید بین ذرات رس که ناشی از شارژهای منفی محیط دوغاب است باعث flocculation (یا کلوخه ای شدن) رس میشود، یعنی صفحات رس محلول در دوغاب را مجبور میکنند که بیکدیگر ملحق شده و بصورت کلوخه های در محلول ظاهر شوند. جابجاشدن و حرکت کردن این کلوخه ها در محلول، شکل تراز حرکت کردن تک تک صفحات رس در آنست و درست همین دلیل است که GS و VIS دوپ افزایش پیدا میکنند. معضاف براین، چون رس دیگر بصورت صفحات سفید وجود ندارد تا با روی بیکدیگر قرار گرفتن، جویه روی عصافه دوغاب را بگیرند، FL محلول نیز افزایش پیدا میکند. رقم باین نکته ضروری است که اگر نتیجه flocculation یا کلوخه ای شدن رس این باشد که صفحات آن مثل اوراق تک کتاب بطور موازی روی هم قرار بگیرند (که این حالت را aggregation میگویند) در ایخ صورت VIS و GS دوغاب کاهش یافته و FL آن زیاد میشود. هر چند این از نظر احتمالات بعید است که تعداد به شماری صفحات باردار که بدون ترتیب و نامنظم در محیطی ملحق هستند بتوانند خویشین را بصورت دسته های منظم و موازی بهم در آورند. البته این وضع برای تعدادی از صفحات پیش نیاید لیکن قسمت عمده آنها هم چنان بصورت بی ترتیب و از درایای گوناگون، بیکدیگر ملحق میشوند. در هر دو صورت، flocculation یک دوغاب رسی، بسبب افزایش FL آن میگردد.

در جدول ۶، اثر غلظت گوناگون سدیم کلراید روی FL ، GS ، VIS ، pH دوغاب از ولونیک بنتانیت نشان داده شده است. این جدول خمد بجز نشان میدهد که افزایش گلونه صورت گرفته است و نتایج چه بوده اند: ابتدا بوسیله آب مقطر دوغاب از این بنتانیت، با غلظت 21 PPB ساخته شده، آنگاه سدیم کلراید، با غلظت های مختلف آن اضافه گشته و خواص فیزیکی دوغاب، قبل و بعد از آلوده شدن به سدیم کلراید، و پس از گذشت یک، دو، سه و چهار روز (aging) اندازه گیری شده است.

در آغاز، VIS دوغاب 11.8 و GS آن بر ترتیب 10، 15 بوده است. لیکن با افزایش تدریجی

جدول ۶- اثر سدیم کلراید روی رئولوژیته مبلور (یا هیدراته)

NaCl added (%)	aging time (ساعت)	pH	VISCOSITY (CPS)	THIXOTROPY		API FL (CC)
				1GS	10'GS	
0	24	9.1	11.8	10	15	15
0.25	24	8	12.8	35	40	15
1	24	8	32	75	85	16
2.5	24	7.45	16.2	40	55	28
5	24	7.95	14.4	40	40	60
15	24	7.4	23.2	70	70	90
30	24	7	23	70	70	117
0	48	9.1	11.8	10	15	15
0.25	48	8	14.4	35	40	15
1	48	8	23.2	75	85	16
2.5	48	7.45	15.4	40	55	28
5	48	7.95	11.8	40	40	60
15	48	7.4	21.6	70	70	90
30	48	7	20	70	70	117
0	72	9.1	12.8	10	15	15
0.25	72	8	14.4	35	40	15
1	72	8	23.2	75	85	16
2.5	72	7.45	14.4	40	55	28
5	72	7.95	11.8	40	40	60
15	72	7.4	19.6	70	70	90
30	72	7	20	70	70	117
0	144	9.1	12.8	10	15	15
0.25	144	8	14.4	35	40	15
1	144	8	23.2	75	85	16
2.5	144	7.45	14.4	35	50	28
5	144	7.95	11.8	35	35	60
15	144	7.4	21	60	60	90
30	144	7	20	60	60	117

جدول ۷- تبلور رئولوژیته در محلولهای تک (سدیم کلراید)

NaCl added (%)	aging time (ساعت)	pH	VISCOSITY (CPS)	THIXOTROPY		API FL (CC)
				1GS	10'GS	
0	24-144	9	11.8	5	15	15
0.25	24-144	8.85	11	35	40	18
1	24-144	8.40	8.4	20	25	21
5	24-144	8.35	3.2	5	10	99
15	24-144	8.05	3.2	5	10	180
30	24-144	7.60	3.2	5	10	180

غلظت سیم کراید ، vis و $thixotropy$ دوغاب نسبت افزایش پیدا میکنند تا اینکه در غلظت 10000 ppm سیم کراید ، به حد اکثر مقادیر خود میرسند . جالب است که در این فاصله ، افزایش FL دوغاب ناچیز بوده است (از 15 cc به 16 cc) و این نشان میدهد که رس خیلی کم flocculate شده است . پس علت افزایش vis دوغاب ، flocculation رس نمیتواند باشد بلکه افزایش شارژ منفی آکسولون با ضام کاهش شارژ منفی روی سطح ذرات رس (بواسطه تشکیل یونهای Na^+ روی آنها) با ضام بزرگ جاذبه ای که در لبه های مولکولهای رس بخاطر پیوند هسکتیم وجود آمده است ، علت افزایش vis دوغاب میباشد . اینکه بتوانیم ایندکس flocculate شده و مولکولهای سیمی شکل آن بصورتی نامنظم و بدون ترتیب و با فاصله جادویی شکل (brush heap structure) در کنار هم قرار گرفته اند ، نیز در اثر مجموع عوامل فوق است .

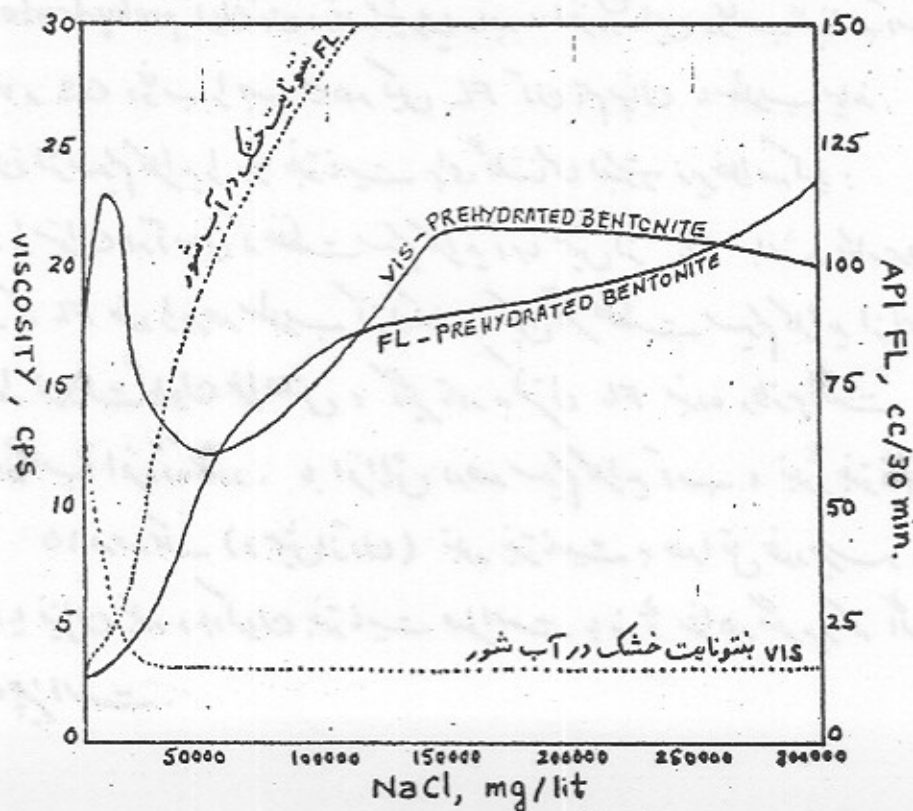
یک نتیجه جالب دیگر که از این آزمایش بدست می آید ، اثر سیم کراید روی pH دوغابهای ری است . ملاحظه میشود که در آغاز که دوغاب آلوده سیم کراید نبوده است ، pH آن 9.1 بوده لیکن با افزایش تدریجی غلظت سیم کراید دوغاب ، pH نیز تدریجاً تا ۷.۵ تنزل میکند و این تنزل ، مستقل از زمان است . علت افت pH دوغاب اینست که یونهای هیدروژن بنتونایت و یونهای سیم ناشی از یونیزاسیون سیم کراید ، بواسطه mass action effect (X) ، بایدگیر base exchange میکنند یعنی پایگاه خود را با هم عوض میکنند و هر یک جای دیگری را میگیرد . باین ترتیب ، تعدادی یون هیدروژن آزاد خواهد شد و در محلول گردش خواهد کرد و میدانیم که با افزایش غلظت یون هیدروژن یک محلول ، pH آن کاهش پیدا میکند . بدین است هر چه غلظت یون سیم دوغاب بیشتر شود (یعنی نمک زیادتری در آن حل گردد) ، جایبائی یونهای سیم و هیدروژن نیز زیادتر میشود و غلظت H^+ محلول افزایش میابد . همین دلیل است که هر چه دوغاب بیشتر نور شود ، pH آن بیشتر کاهش پیدا میکند . کاهش pH تا عدد هفت ، نشان میدهد که اگر چه بنتونایت از نوع سیم بنتونایت است ، معجزاً آنقدر یون H^+ در خود ندارد که بتواند pH دوغاب را از 9.1 به هفت برساند .

در جدول ۷ ، به مسئله از زاویه دیگری نگاه شده است . این جدول performance یا کارآئی والیونیک بنتونایت را در آب شور نشان میدهد . آزمایش باین ترتیب صورت گرفته که ابتدا بدسته آب متطر و سیم کراید ، شورابهائی با غلظتهای صفر ppm تا اشباع درست شده است . آنگاه به 350 ml از هر محلول ، ۲۱ گرم والیونیک بنتونایت بصورت خشک افزوده شده و باین ترتیب دوغابهای با غلظت 21 PPB از هر کدام تهیه شده است . خواص فیزیکی این دوغابها ، مثل آزمایش قبل ، پس از گذشت یک ، دو ، سه و چهار روز اندازه گیری شده و نتایج در جدول فوق منعکس گردیده است .

ملاحظه میشود که گذشت زمان هیچگونه اثری روی خواص فیزیکی دوغابها نداشته است. در اینجا نیز pH دوغابها با افزایش غلظت یون سدیم محلول تدریجاً کاهش پیدا نموده است و دلیل آن نیز همانست که قبلاً بیان شد. در غلظت 10000 ppm سدیم کلراید، دوغاب، VIS بسیار کمتری نسبت به آزمایش قبل داشته است. هم چنین FL آن نسبت به آزمایش قبل بیش از ۳۱ درصد افزایش پیدا کرده است. این اطلاعات نشان میدهند که والیونیک بنتونایت در آب شور، بر حسب گز متبلور شده و باد میکند. و اگر شوری آب بیش از یک درصد (یا 10000 ppm) گردد، آنگاه رس تقریباً هیچ متبلور نمیشود.

VIS اندک و کیسان دوغابهای ۵ درصد، ۱۵ درصد و ۳۰ درصد سدیم کلراید، نشان میدهد که میزان تبلور بنتونایت در هر سه محلول برابر است. اما شکای به ستون آخر جدول معلوم میازد که بنتونایت در محلول ۵ درصد سدیم کلراید، هر چند اندک و بیشتر متبلور شده است تا در دو محلول دیگر. لیکن وقتی غلظت نمک از ۱۵ درصد تجاوز کند، میزان تبلور بنتونایت روی "ناچیز" ثابت میماند.

اطلاعات مندرج در جدول فوق بصورت گرافیک در شکل ۲۳ نیز نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه میشود، منحنیهای VIS و FL آزمایشهای فوق (از این نظر که اثر سدیم کلراید را روی والیونیک بنتونایت آشکار میکنند) با هم بسیار تفاوت دارند و این تفاوت فقط بخاطر اینست که در آزمایش نخست، بنتونایت، prehydrate شده بود و در آزمایش دوم، بنتونایت، بهنام آلوده شده به سدیم کلراید، خشک بود. اما آنچه که در هر دو آزمایش مشترک است و میتواند بعنوان یک نتیجه مورد توجه طغشناس واقع شود اینست که بنتونایت در آبهای شیرین بمیزان قابل ملاحظه



شکل ۲۳ - اثر سدیم کلراید بر دوغابهای بنتونایت

تبلور و پراکنده شده و VIS میدهد و در عین حال FL دوغاب آن نسبتاً افزایشی پیدا نمیکند. بنابراین گهای حفاری آب-رسی میتوانند تا یک درصد (یا 10000 ppm) سیم کلاراید داشته باشند بدون آنکه کارآئی بنتونایت آنرا کم شود. در حقیقت "10000 ppm سیم کلاراید" مرز بین گهای آبرسی (water-clay muds) و گهای شورایی (salt water muds) میباشد. فراتر از این غلظت، چه بنتونایت prehydrate شده باشد و چه نشده باشد، FL دوغاب آنقدر زیاد میشود که دیگر از بنتونایت عنوان یک ماده کنترل کننده FL نمیتوان هیچگونه انتظاری داشت. و تقسیم بنتونایت خشک به محلولهای شور اضافه شود، یونیزاسیون، تبلور و پراکنده شدن آن تحت تأثیر شوری محلول قرار خواهد گرفت و کاهش خواهد یافت. لیکن اگر غلظت نمک محلول بیش از یک درصد باشد دیگر بنتونایت نمیتواند وظایف معمولش را که ای در VIS و کنترل FL است انجام دهد.

حباب تر است که در محلولهای شور، با افزایش شوری، VIS دوغاب بنتونایت خشک تدریجاً کاهش پیدا میکند (جدول ۷ و شکل ۲۳) لیکن اگر بنتونایت prehydrate شده باشد و در شام آلوده به سیم کلاراید گردد، با افزایش درصد سیم کلاراید تا مرز 10000 ppm، VIS و GS دوغاب نسبت افزایش یافته و سپس تا شوری 50000 ppm کاهش پیدا میکند و از آن بجهت مجدد افزایش سیاه (جدول ۶ و شکل ۲۳). از غلظت ۱۵ درصد (یا 150000 ppm) باز کاهش آنکه در ستادیر VIS و GS حاصل میشود که تا مرز ارتفاع درامه دارد.

بنتونایت prehydrate شده در همه غلظت سیم کلاراید تقریباً VIS و GS خوبی میدهد، هر چند آن تدریجاً زیاد میشود (به جدول ۷ نگاه کنید) بنابراین یک روش برای افزایش بازدهی بنتونایت در آبهای شور، نخست prehydrate کردن آن در آب شیرین و بعد، افزودن این دوغاب غلیظ به آب شور موجود میباشد. اینکار اگرچه VIS و GS دوغاب را بهبود میدهد لیکن FL آن هم چنان نامطلوب میباشد.

این میزان اثر سیم کلاراید را روی بنتونایت برای غلظت‌های بعدی زیر خلاصه کرد:

بنتونایت را میتوان در آبهایی که غلظت سیم کلاراید آنرا بیش از ۱٪ نباشد بکار برد و از دوغاب حاصل نیز انتظار داشت که FL خود را در حد مطلوب کنترل کند. لیکن اگر غلظت سیم کلاراید از این حد فراتر رفت بنتونایت بواسطه از دست دادن خواصش، دیگر قادر به کنترل FL نبوده و لازم است مواد دیگری جهت کنترل FL به دوغاب افزوده شود. با افزایش درصد سیم کلاراید آب، تبلور بنتونایت در آن کاهش یافته تا آنکه در ۱۵ درصد نمک (و بیش از آن) تبلور بنتونایت به حداقل خود میرسد. معلوم نیست بیش از این درصد، آیا میزان تبلور و پراکنده شدن بنتونایت منفرست بانه و شاهد گسیلیند که اگر هم منفرست است کم بید ناچیز است.

محاسبات مربوط به افزایش و کاهش وزن مخصوص گلهای حفاری

بر اساس یک قاعده کلی ، سنگین کردن گلهای حفاری از طریق افزودن مواد وزن افزا و سبک کردن آنها منجر از طریق رقیق کردنشان بوسیله آب صورت میگیرد .

البته رسها که در گلهای حفاری آبه عمدتاً بعنوان *viscosifier* بکار میروند ، در افزایش وزن گل نیز مؤثرند . همچنین نمک ، علاوه بر آنکه میتواند گل را تا سرحد اشباع شور کند ، در حدود 12.6 PCF هم میتواند بوزن گل بیفزاید . سایر مواد افزودنی گل (مثل پالمر) هر چند روی وزن گل اثر میگذارند لیکن چون *SG* آنها معمولاً کم است و علاوه ، مقدار صرفی آنها هم در گل محدود میباشد ، اثرات کمتری روی افزایش وزن گل ، اندک است و میتوان از آن صرف نظر کرد . با اینهمه اگر کسی ایل باشد که وزن بسیار رقیق گل را تعیین کند (که این البته در موارد علی صریح ندارد) میتواند کلیه موادی را که در ساختن گل شرکت کرده اند - چه از نظر مقدار و چه از نظر *SG* - مورد توجه قرار دهد و محاسبات خویش را بر این اساس بگذارد .

توجه باین نکته نیز ضروری است که هرگونه تغییر در وزن گل ، همواره توأم با افزایشی در حجم آن خواهد بود . بعبارت ساده تر چه وزن گل را با مواد وزن افزا افزایش دهیم و چه آنرا بوسیله رقیق کردن با آب کم کنیم ، در هر حال مقداری ماده وارد گل کرده ایم و چون ماده حجم دارد ، پس حجم گل در هر دو صورت افزایش خواهد یافت .

می دانیم که مخلوط کردن دو یا چند جسم مخلوط شده - برخلاف ترکیب کردن آنها - احتیاجی به رعایت نسبتهای معین ندارد بزبان دیگر ، وقتی دو یا چند جسم مخلوط شده را مخلوط کنیم ، به نسبت وزنی و حجمی میتوانیم اینکار را انجام دهیم . در این صورت ، مشخصات فیزیکی مخلوط حاصل - از قبیل وزن ، حجم ، رنگ و غیره - تابع مشخصات فیزیکی و مقدار هر یک از مواد شرکت کننده در مخلوط خواهد بود مثلاً وزن مخلوط مساویست با مجموع وزن های مواد شرکت کننده . در احتیاط و حجم مخلوط نیز مساویست با مجموع حجمهای مواد شرکت کننده در احتیاط .

صورت کلی مسئله

V_1 (bbl) گل بوزن W_1 (PCF) موجود است . چه مقدار (یعنی چند پاوند $\times \text{lbs}$) ماده $(*)$ با وزن W_2 (PCF) آن اضافه کنیم تا وزن گل به W_2 (PCF) برسد ؟ در این صورت حجم نهائی گل و افزایشی که در حجم گل نخستین حاصل شده است ، چقدر خواهد بود ؟

$(*)$ در اینجا منظور از ماده " هر نوع افزودنی است که بتواند با گل مخلوط شود و پس از احتیاط ، در وزن و حجم گل تغییری بوجود آورد (مثل آب ، نمک ، بنتونیت ، باریت و غیره)

حل
صورت مسئله را شکل زیر خلاصه میکنیم:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{گل نخست} \\ \hline V_1, \text{ Bbl} \\ \hline W_1, \text{ PCF} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{ماده} \\ \hline x, \text{ Lbs} \\ \hline W_x, \text{ PCF} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{گل بنائی} \\ \hline V_2, \text{ Bbl} \\ \hline W_2, \text{ PCF} \\ \hline \end{array}$$

مفروضه صاف بود تساوی فوق اینست که هم از نظر وزنی تعادل داشته باشد (یعنی mass balance) و هم از نظر حجمی (یعنی volume balance).

$$\begin{cases} V_1 + \frac{x}{W_x \times 5.6145} = V_2 & \text{شرط تعادل حجمی اینست:} \\ 5.6145 V_1 W_1 + x = 5.6145 V_2 W_2 & \text{و شرط تعادل وزنی هم اینست:} \end{cases}$$

در دستگاه دو معادله ای فوق دارای شش پارامتر است. برای آنکه بتوانیم این دستگاه را حل کرده و جوابهای حقیقی دریافت کنیم لازم و کافی است که تعدادی چهار پارامتر بر ما روشن باشد. در این صورت حل بهر زمان معادلات دستگاه فوق، منجر به پاسخهایی برای دو پارامتر مجهول خواهد شد.

فرض کنیم که V_1 ، W_1 ، W_x و W_2 معلومند (که معمولاً چنین هم هست). در این صورت تعدادی x و V_2 از فرمولهای زیر بدست خواهند آمد:

$$x = 5.6145 V_1 W_x \left(\frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} \right) \quad \text{(I)}$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{W_x - W_1}{W_x - W_2} \right) \quad \text{(II)}$$

اگر بخواهیم volume increase (یا افزایش حجم) محل را در اثر تغییری که در وزنش بوجود آمده است نیز بدست آوریم، کافی است که تفاضل V_2 و V_1 را تعیین کنیم:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \left(\frac{W_x - W_1}{W_x - W_2} \right) \quad \text{(III)}$$

تذکره - در بعضی از کشورها معمول است که وزن مخصوص را بر حسب PPG بیان کنند، یعنی واحد W_1 ، W_2 و W_x را بجای آنکه PCF بگیرند، PPG انتخاب میکنند. در این صورت کافی است در فرمول (I) ضریب 5.6145 را تبدیل به 42 کنید (چرا؟). فرمولهای (II) و (III) تغییر نمیکنند. انیک به ذکر چند مثال میپردازیم.

مثال یک - میخواهیم برسدیم حل کردن نمک در یکصد بشکه آب شیرین، آزارتا مرز سیری شده کرده و درزش را به 75 PCF برسانیم. برای اینکار چه مقدار نمک لازم داریم؟ در این صورت افزایش حجم آب و حجم نهائی شور آب سیر چند خواهد شد؟ (SG نمک برابر 2.739 و دما 20°C بگیریم)

حل - فلذیاگرام مسئله را مینویسیم:

آب شیرین	نمک	شور آب سیر
$V_1 = 100 \text{ Bbl}$	$x, \text{ Lbs}$	$V_2 = ?$
$W_1 = 62.4 \text{ PCF}$	$W_x = 171 \text{ PCF}$	$W_2 = 75 \text{ PCF}$

ابتدا وزن نمک لازم را محاسبه میکنیم:

$$x = 5.6145 V_1 W_x \times \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 5.6145 \times 100 \times 171 \times \frac{75 - 62.4}{171 - 75} = 12601 \text{ Lbs}$$

انیک افزایش حجم آب را بدست می آوریم:

$$\Delta V = V_1 \times \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 100 \times \frac{75 - 62.4}{171 - 75} = 13.125 \text{ Bbl}$$

نتیج فوق را با جدول ۱ صفحه ۳ مقایسه کنید

حجم نهائی شور آب سیر را بدو طریق می توانیم تعیین کنیم:

$$V_2 = V_1 + \Delta V = 100 + 13.125 = 113.125 \text{ Bbl}$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{W_x - W_1}{W_x - W_2} = 100 \times \frac{171 - 62.4}{171 - 75} = 113.125 \text{ Bbl}$$

مثال دو - چند بشکه گل 90 PCF را با چه مقدار باریت سنگین کنیم تا 250 بشکه گل 105 PCF بدست آید؟ (SG باریت 4.25 است)

حل - فلذیاگرام مسئله را رسم میکنیم

گل سبک	باریت	گل سنگین
$V_1 = ?$	$x, \text{ Lbs}$	$V_2 = 250 \text{ Bbl}$
$W_1 = 90 \text{ PCF}$	$W_x = 265.2 \text{ PCF}$	$W_2 = 105 \text{ PCF}$

در این مسئله x و V_1 مجهولند و چون x وابسته به V_1 است پس ابتدا V_1 را بدست میآوریم:

$$V_2 = V_1 \times \frac{W_x - W_1}{W_x - W_2}$$

$$250 = V_1 \times \frac{265.2 - 90}{265.2 - 105} \rightarrow V_1 = 228.6 \text{ Bbl.}$$

با معلوم شدن مقدار عددی V_1 ، اینک میزان x را بدست آورد:

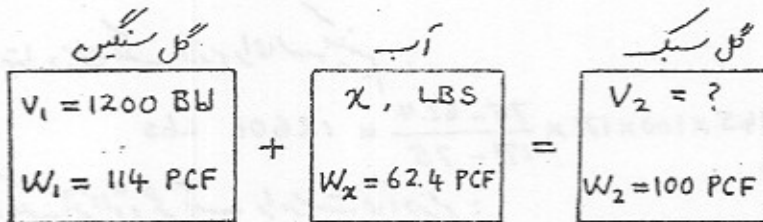
$$x = 5.6145 V_1 W_x \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 5.6145 \times 228.6 \times 265.2 \times \frac{105 - 90}{265.2 - 105} = 31870 \text{ LBS.}$$

چون هر ۵۵ پاوند باریت معادل یک کیسه است بنابراین ۵۸۰ کیسه باریت لازم است.

مثال سه. چه مقدار آب شیرین (بر حسب پاوند یا بشکه) لازم است تا وزن ۱۲۰۰ بشکه گل را از

۱۱۴ PCF به ۱۰۰ PCF برساند؟

حل. ابتدا فلوریدیاگرام مسئله را کشیم.



وزن آب لازم:

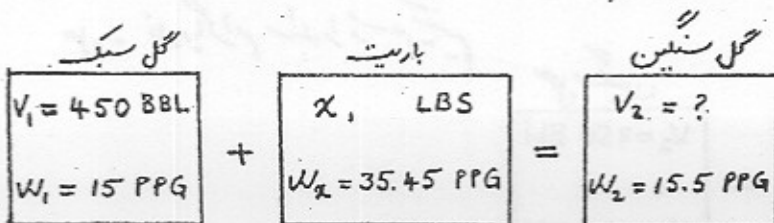
$$x = 5.6145 V_1 W_x \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 5.6145 \times 1200 \times 62.4 \times \frac{100 - 114}{62.4 - 100} = 156537 \text{ LBS.}$$

چون هر ۳۵۰ پاوند آب، معادل یک بشکه است پس ۴۴۷ بشکه آب لازم است. بدین است که حجم گل سبک، یعنی V_2 برابر ۱۶۴۷ بشکه خواهد شد.

مثال چهار. چند کیسه باریت لازم است تا وزن ۴۵۰ بشکه گل ۱۵ PPG را به ۱۵.۵ PPG برساند؟

در این صورت گل جدید چقدر حجم خواهد داشت؟ (SG باریت ۴.۲۵ است)

حل. طبق معمول، ابتدا فلوریدیاگرام مسئله را رسم میکنیم تا درجه اول آن مشخص شود.



$$x = 42 V_1 W_x \times \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 42 \times 450 \times 35.45 \times \frac{15.5 - 15}{35.45 - 15.5} = 16792 \text{ LBS.}$$

چون هر کیسه باریت ۵۵ پاوند وزن دارد پس 305.3 کیسه باریت لازم است

$$V_2 = V_1 \times \frac{W_x - W_1}{W_x - W_2} = 450 \times \frac{35.45 - 15}{35.45 - 15.5} = 461.3 \text{ Bbl.}$$

بنابراین 305.3 کیسه باریت علاوه بر آنکه وزن گل را 0.5 PPG بالا برده است، حجم آنرا نیز با اندازه 11.3 بشکه افزایش داده است.

مثال پنج میزاهیم ۵۰۰ بشکه گل 1.05 PCF با ویسکاسیتی 15 cps بسازیم. چه مقدار آب، بنتونایت و باریت لازم داریم؟ (SG آب پراپرک، SG بنتونایت ۲.۵ و SG باریت ۴.۲۵ باشد) حل. این مسئله از دو قسمت درست شده است: یک قسمت ساختن دوغاب است از بنتونایت که 15 cps آن 1.05 باشد و قسمت دیگر، افزایش وزن این دوغاب تا 1.05 PCF است بواسطه باریت. پس فرمول گرام این مسئله شکل زیر خواهد بود:

آب	بنتونایت	دوغاب بنتونایتی	
$V_1 = ?$	$x, \text{ LBS}$	$V_2 = ?$	قسمت اول
$W_1 = 62.4 \text{ PCF}$	$W_x = 156 \text{ PCF}$	$W_2 = ?$	

	دوغاب بنتونایتی	باریت	گل نهائی
قسمت دوم	$V_2 = ?$	$y, \text{ LBS}$	$V_3 = 500 \text{ Bbl}$
	$W_2 = ?$	$W_y = 265.2 \text{ PCF}$	$W_3 = 105 \text{ PCF}$

ملاحظه میشود که در قسمت اول مسئله، چهار مجهول و در قسمت دوم آن سه مجهول وجود دارد که از این جهت مجهول، دو مجهول مشترک است: V_2 و W_2 .

شکل 17 صفحه ۴۶ نشان میدهد که اگر دوغاب از بنتونایت بجوایداری ویسکاسیتی 15 cps باشد، باید غلظت 20 PPB باشد. چنین دوغابی - طبق همان شکل - دارای وزنی معادل 64.6 PCF خواهد بود. بنابراین $W_2 = 64.6 \text{ PCF}$ است. اینک میتوان قسمت دوم مسئله را حل کرد و مقدار V_2 را میسب نمود. فرمولهای لازم عبارتند از:

$$y = 5.6145 V_2 W_y \times \frac{W_3 - W_2}{W_y - W_3} \quad \text{و} \quad V_3 = V_2 \times \frac{W_y - W_2}{W_y - W_3}$$

در اینجا نیز چون V_3 و W_3 را بدست داریم، پس ابتدا V_2 را پیدا میکنیم:

$$500 = V_2 \times \frac{265.2 - 64.6}{265.2 - 105} \rightarrow V_2 \cong 400 \text{ Bbl.}$$

$$Q = 5.6145 \times 400 \times 265.2 \times \frac{105 - 64.6}{265.2 - 105} = 150197 \text{ LBS.}$$

این مقدار باریت معادل 2730 کیسه پنجاه و پنج پونزی است.

با معلوم شدن مقدار V_2 (و باراشن W_2) اینک می‌توان قسمت اول سله را هم حل کرد، ستادیر x ، V_1 را می‌توانیم بنویسیم:

$$V_2 = V_1 \times \frac{W_x - W_1}{W_x - W_2}$$

ابتدا V_1 را بدست می‌آوریم:

$$400 = V_1 \times \frac{156 - 62.4}{156 - 64.6} \rightarrow V_1 = 390.6 \text{ Bbl}$$

$$x = 5.6145 \times V_1 \times W_x \times \frac{W_2 - W_1}{W_x - W_2} = 5.6145 \times 390.6 \times 156 \times \frac{64.6 - 62.4}{156 - 64.6} = 8235 \text{ LBS.}$$

این مقدار بنتونایت معادل 150 کیسه پنجاه و پنج پونزی است.



فصل سوم

RHEOLOGY (یا علم حرکت) گلهای حناری

Rheologi که از دو کلمه یونانی rheo (بمعنی flow) و logi (بمعنی science) درست شده است بنا بر تعریف، عبارتست از علم حرکت و تغییر شکل ماده (جامد، مایع، گاز) به بیان دقیقتر علمی، rheologi بحث بررسی و مطالعه رابطه بین stress، strain و time یک ماده است. هرگاه نیروی خارجی بر جسم وارد شود، آن جسم شکل خود را (موقفاً یا بطور دائم) از دست خواهد داد و اگر این تغییر شکل با گذشت زمان، پویاسته باشد گویند که آن جسم "جریان یافته" است. اعمال یزید:

۱- باعث strain یک ماده elastic،

۲- باعث deformation یک ماده plastic

و ۳- باعث جریان یافتن یک سیال میگردد.

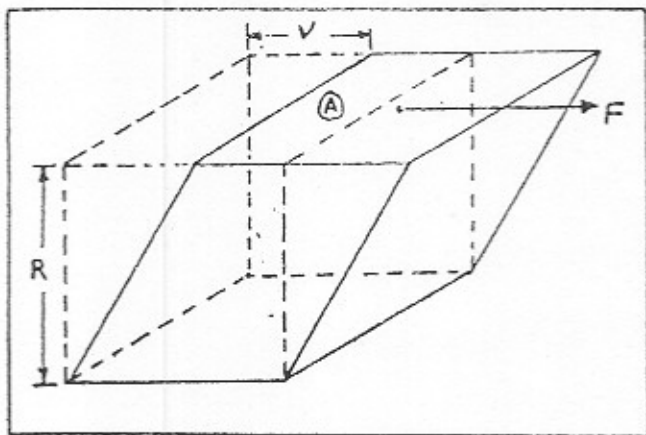
در این فصل ما با نوع سوم تغییر شکل سردکار داریم یعنی میخوامیم تغییر شکل (یا بیابانه جریان یافتن) یک سیال را (و مشخصاً گله حناری را) در اثر نیروی که از سوی پمپ ارسال می‌شود مورد بررسی قرار دهیم. با انجام پاره‌ای آزمایشات و اندازه‌گیری روی یک سیال، میتوان تعیین نمود که در حرکت شرایط گوناگون، آن سیال چگونه "جریان" می‌یابد

اطلاعات بین ترتیب حاصل میشود ، در طراحی یک سیستم گردش گل با ویژگی‌ها توانائی های متنوع ، سودمند است .

STRAIN & STRESS

ماهییم stress و strain ، باشد زیر کجوبه روشن میشود :

مکعب مستطیلی از جنس یک پلاستیک بسیار نرم را در نظر بگیرید که از یک طرف بر روی میزی چسبیده باشد و



شکل ۱ - shear ساده در مورد یک مکعب پلاستیکی نرم

بر سطح فوقانی آن نیروی F بطور یکنواخت
بچسبیده شده باشد و بموازات میز اثر کند.
با گذشت زمان ، سطح بالای نسبت به سطح
پایینی تغییر مکان خواهد داشت (V) . اندازه
این تغییر مکان نسبت مستقیم دارد با بزرگی نیرو
و با بلندی مکعب مستطیل (R) و نسبت متعکس
دارد با مساحت سطحی که نیروی F روی آن
اثر میکند . عبارت فرمول :

$$V \propto R \frac{F}{A}$$

$$V = \frac{1}{k} R \frac{F}{A}$$

یا ضریب k در رابطه فوق ، میتوان آنرا با این شکل نوشت :

$$\frac{V}{R} = \frac{1}{k} \frac{F}{A}$$

$$k = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{\left(\frac{V}{R}\right)}$$

عبارت $\frac{V}{R}$ ، که واحد اندازه گیری shear مکعب مستطیل است ، shear rate ؛ shearing strain خوانده
میشود و عبارت $\frac{F}{A}$ که نیرو یا فشار وارد بر مکعب مستطیل است shearing stress میگوئیم . k هم ضریب تناسب
است در مورد اجسام صلب ، k را modulus of elasticity (یا مدول یا انک) و در مورد مایعات
آنرا viscosity (یا لزوی) میگویند . پس :

$$k = \frac{SS}{SR}$$

Shear Rate , Shear Stress

و تئیه یک سیال بجرمان درمیآید ، نیروئی در آن پیدا میشود که همواره ، "جرمان یا فن" مخالفست میکنند این

نیروی SS نامیده میشود و میتوان آنرا بنحیه نزدیکی اصطلاحی تصور کرد که بین لایه های روی هم لغزنده سیال وجود دارد.

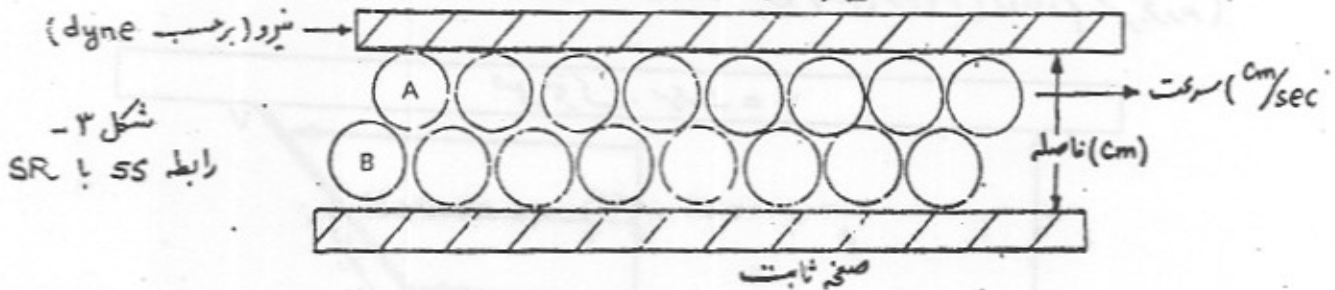


شکل ۲- استوانه های تلسکوپی در جریان laminar

سیال را در نظر بگیرید که در داخل یک لوله استوانه ای و با سرعتی ثابت و بشکل لایه های استوانه ای متحد المحور (که اصطلاحاً آنها را telescopic cylinders میگویند) در حال حرکت است. اولین لایه از سیال که با جداره داخلی لوله در تماس است - در واقع آنرا تر میگویند - سرعتش صفر است زیرا برش (یا لغزش روی هم) بین لایه های سیال آسان تر صورت میگیرد تا بین دیواره لوله و نخستین لایه از سیال. پس این لایه از سیال نسبت به جداره لوله بجز حرکت و ثابت میماند لکن هر چه از

جداره لوله دورتر شد، و بطرف مرکز آن پیش برویم، سرعت حرکت لایه با بصیرت تصاعدی افزایش پیدا میکند تا اینکه در روی محور لوله سرعت جریان بحد اکثر مقدار خود میرسد. سرعتی که با آن، یک لایه از کنار لایه همسایه اش میگذرد، SR نامیده میشود. بعبارت ساده تر، تفاضل سرعتهای دو لایه همسایه را SR میگویند. بهیچ وجه این SR بستگی به نقطه ای از لوله ندارد که در آن نقطه، سرعتهای دو لایه با هم مقایسه میشوند. هر چه این نقطه به مرکز لوله نزدیک تر شود SR کمتر میگردد تا اینکه در روی محور لوله SR صفر میشود.

رابطه SS و SR در شکل ۳، نشان داده شده است. در این شکل شما دو لایه همسایه از یک سیال را مشاهده میکنید که بین دو صفحه، که یکی ثابت است و دیگری میتواند حرکت کند قرار گرفته اند. وقتیکه نیروی F (بر حسب dyne) صفحه متحرک (مساحت بر حسب cm^2)



شکل ۳-
رابطه SS با SR

به صفحه متحرک که مساحتش معلوم است (مثلاً A سانتی متر مربع است) وارد شود، صفحه با سرعت ثابت u (بر حسب cm/sec) شروع به حرکت میکند. همچنین از دو لایه نسبت به صفحات جدار خود نمیتوانند حرکت کنند (به دلیل نه گفته شد)، در عوض لایه A روی لایه B میلغزد و سرعت این لغزش برابر است با سرعت حرکت صفحه متحرک. بنابراین میتوان گفت که سرعت حرکت لایه A، u برابر سرعت حرکت لایه B است. SS واحد لغزش گیری frictional drag (یا نیروی اصطکاک) حادث بین لایه های A و B باشد در بر حسب نیرو بر

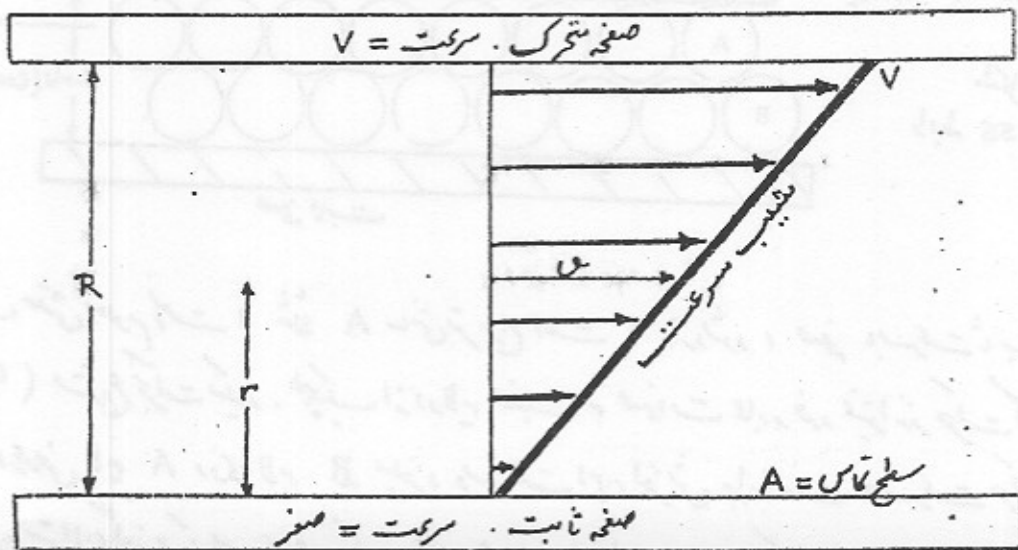
واحد سطح بیان میشود (dyne/cm^2) . SR سرعته است (cm/sec) که لایه A نسبت به لایه B دارد در یک فاصله معین از صفحات (cm) و بر حسب ($1/\text{sec}$) بیان میشود (در این مثال مقدار SR مساوی مقدار SR است) چون SR زیاد شود ، SS هم زیاد میشود . بعبارت دیگر هر چه سرعت حرکت سیال زیاد تر شود ، نزدیکی که کنیم با " جریان یافتن " سیال مخالفت میکند نیز زیاد تر میشود . SS تابع فشار و SR تابع سرعت حرکت سیال و شکل هندسی مسیر حرکت است . رابطه بین SS و SR یک سیال که معمولاً بصورت یک منحنی نشان داده میشود (و آنرا rheogram یا $SS-SR$ diagram میگویند) ، " نوع جریان " آن سیال را تعریف میکند . در همین فصل " انواع جریان " را مطالعه خواهیم کرد .

$VISCOUSITY$ مهم ترین خاصیت rheologic سیالات است . مقابله بندی rheologic سیالات عمدتاً بر اساس $viscosity$ آنها صورت میگیرد . بنابراین داشتن درک صحیحی از $viscosity$ حائز اهمیت بسیار است .

مفهوم $viscosity$

مختصین مفهوم منطقی برای $viscosity$ در سال ۱۶۸۵ توسط نیوتون ارائه شد . وی در کتاب معروفش با نام Principia میزاید : متناهی که ناشی از فقدان لغزندگی قطعات یک مایع روی یکدیگر میباشد ، متناسب است با سرعتی که قطعات مایع ، با آن سرعت از یکدیگر دور میشوند .

" فقدان لغزندگی " را امروز با $coefficient$ of $viscosity$ (یا بطور خلاصه $viscosity$) مینامیم . نظریه نیوتون را با مثال زیر بهتر میتوان توضیح داد : مایعی را در نظر بگیرید که بین دو صفحه افقی که یکی ثابت (پائینی) و دیگری میتواند با سرعت V حرکت کند (بالایی) ، محصور است . اگر نیروی بر صفحه بالایی وارد شود و آنرا بچراغ در آورد ، مایع ، درست مثل یک دستمال درق $shear$ میشود (یعنی لایه های روی هم سر بخورند)



شکل ۴ - شیب سرعت بین دو صفحه موازی

شیب سرعت (یا velocity gradient) را میتوان با عبارت زیر بیان کرد :

$$V.G. = \frac{V}{R} \approx \frac{du}{dr}$$

این عبارت ، بیان ریاضی چیزی است که نیروی آنرا "سرعتی که قطعات مایع با آن سرعت از یکدیگر دور میشوند" میباشد . اگر سطح تماس بین دو "قطعه از مایع" را A بگیریم آنگاه "تصادفی که در اثر فندان لغزش در گت قطعات مایع روی هم بوجود میآید" بر سبب عبارت زیر بیان خواهد شد :

$$F = A \mu \left(\frac{du}{dr} \right) \quad (*)$$

در این فرمول :

$F =$ shearing force (نیروی برشی)

$\frac{du}{dr} =$ shear rate . می باشد . μ هم ضریب تناسب است که آنرا ضریب گرانروی

(یا coefficient of viscosity یا بهر خلاصه viscosity) نیز میگویند . فرمول فوق را میتوان بشکل زیر مرتب

کرد :

$$\mu = \frac{\left(\frac{F}{A} \right)}{\left(\frac{du}{dr} \right)} = \frac{\frac{\text{force}}{\text{area}}}{SR} = \frac{SS}{SR}$$

بنابراین viscosity در واقع نسبت SS به SR است و بزبان ساده میتوان آنرا "تصادف در برابر جریان یا متن" تعبیر کرد .

مقدم فیزیکی coefficient of viscosity وقتی معلوم میشود که عوامل سمت راست معادله (*) را مساوی یک

بگیریم . در این صورت میتوان ضریب گرانروی را با این ترتیب تعریف کرد : نیرویی که باید بر واحد سطح اثر کند تا شیب سرعتی برابر یک واحد ایجاد نماید .

واحد viscosity

واحد viscosity در دستگاه CGS ، پواز است (بیاد بود پوازیل ، فیزیکدان و دانشمند برجسته فرانسوی)

$$\mu = \frac{\left(\frac{F}{A} \right)}{\left(\frac{du}{dr} \right)} ; \text{poise} = \frac{\left(\frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2} \right)}{\left(\frac{\text{cm/sec}}{\text{cm}} \right)} = \frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}}{\text{cm}^2}$$

(یک پواز برابر صد سانی پواز است : 1 poise = 100 cps.)

پواز عبارتست از viscosity سیالی که نیرویی برابر یک dyne در مدت زمان یک ثانیه برانند یک cm^2 از مساحت لایه ای داخلی آنرا shear کند (یعنی روی هم بلغزانند)

viscosity آب در 20°C برابر 1.005 cps است
 در سیستم مهندسی، واحد viscosity عبارتست از $\frac{\text{lb}_f \cdot \text{sec}}{\text{ft}^2}$. بارگه میفرمان ثابت کرد که:
 $1 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{sec}}{\text{ft}^2} = 479.2 \text{ poise}$

ابزار اندازه گیری VISCOSITY

اندازه گیری دقیق viscosity سیالات، در محاسبات مربوط به حرکت آنها یک امر ضروری است. سه نمونه
 viscometer (یا گرانزوی سنچ) وجود دارد که هر کدام با حفظ ویژگی‌های خاص خود می‌توانند گرانزوی سیالات
 و گاهی حتی را اندازه بگیرد. اینها عبارتند از:

- 1) Marsh Funnel Viscometer (قیف مارش) گرانزوی سنچ قیفی
- 2) Rotational Viscometer گرانزوی سنچ دوار
- 3) Capillary Viscometer گرانزوی سنچ موئینه

الف - گرانزوی سنچ قیفی (یا قیف مارش)

viscosity گاهی حتی را در سرچاه. معمولاً با قیف مارش اندازه می‌گیرند زیرا این قیف وسیله‌ایست بسیار
 که گرانزوی گل را با آن میتوان بسزمت تعیین نمود. این اندازه گیری که همان است و مورد قبول همه می‌باشد این
 ترتیب صورت می‌گیرد که زمان لازم برای جاری شدن یک کواریت گل (مادل ۹۴۶.۲۵ cc) از قیف را بر حسب
 ثانیه در وسیله یک ساعت قچی تعیین میکنند (X) قاعده معمولاً اینست که FV اکثر گلهای آبی را در حدود زیر کنترل کنند:

$$FV = 4 \times MW (PPG) \text{ or less}$$

$$FV = \frac{1}{2} \times MW (PCF) \text{ or less}$$

لکن این قاعده در جاهایی که گلی با viscosity زیاد، مورد نظر باشد - مثل ناحیه mid-continent و نواحی
 جنوبی آکلاهما - دیگر رعایت نمیشود. در منطقه اخیر گلهایی با FV بین (100 تا 300 sec/qt) کاربرد داشته است.
 FV صحیح درستی از وضعیت گل بدست نمیدهد. اندازه گیری viscosity گلهای حتی با قیف مارش یک اندازه گیری
 one-point است باین معنی که وسیله FV نمیتوان عملت نادرست بودن و بی‌کالیبری را شنید. آنچه میتوان گفت
 اینست که آیا viscosity گل در محدوده مناسب خود هست یا نه. هم چنین قیف مارش نمیتواند GS را که
 در بخشهای اهمیت ویژه‌ای دارد اندازه گیری کند. در فصل بعد روش استاندارد از قیف مارش شرح داده خواهد شد.

(X) در سیستم متریک زمان لازم برای جاری شدن یک لیتر گل از قیف بر حسب ثانیه تعیین میشود.

ب- گرانروی سنج دوار

اطلاعات دقیقتر درباره viscosity کنترل آزمایشی در وسیله Fann Rotational Viscometer بدست آورد. این دستگاه که گرانروی را بر حسب سانتی پواز اندازه گیری میکند میتواند دلیل abnormal بودن ولت تغییرات viscosity را هم تعیین کند و دارای مناسب جهت کاهش این تغییرات را تجویز نماید. گرانروی سنج دوار هم چنین میتواند GS های گل را هم اندازه گیری کند. معاف بر اینها، این دستگاه میتواند در موارد زیر نیز مورد استفاده باشد:

۱- تعیین "نوع جریان گل" و flow profile آن

۲- کالسیفانت شارپ سیستم گل و تعیین ECD

۳- تعیین "سرعت متوسط" ذرات جامد گل و هم چنین گرانروی موثر (یا effective viscosity) گل

بطور کلی، گرانروی سنج دوار در مطالعه سیالات کپکس (complex fluids) نظیر آنهایی که از خود آثار

تیکسوتراپیک نشان میدهند کاربرد دارد. در این دستگاه سیال مورد آزمایش، در فضای محصری بین دو استوانه

هم محور محصور شده و همواره تحت یک SR یکپارچه و دقیق قرار میگیرد. استوانه توخالی بیرون نام rotor

(یا sleeve) با سرعت دوران ثابتی بگردش درمیآید و torque ناشی از viscous drag سیال که در

انتر چرخش rotor ایجاد میشود روی استوانه توپُر درون نام bob اعمال میشود. این torque بر وسیله

یک فر حلقه گرد، بالانس میشود (یعنی متعادل درمیآید). انحراف عقربه را (که ناشی از torque وارد بر

bob است)، هم عقربه مستقیماً روی یک calibrated dial (یا صفحه مدرج) منتقل کرد و هم عقربه آنرا

روی یک recording device (یا دستگاه ثبت) ثبت نمود. در گرانروی سنج دوار:

- a. اندازه SS مستقیماً متناسب است با dial reading و
- b. اندازه SR مستقیماً متناسب است با rotor rpm.

سه نوع rotor و چهار نوع bob با اندازه ها مختلف در هم چنین تعداد زیادتری نیز با ضرب کتبی گوناگون

تخته شده اند و این امکان را بوجود آورده اند تا با انتخاب combination مناسبی از آنها، توانایی دستگاه

را بر حسب احتیاج افزایش یا کاهش داد و viscosity هر نوع سیالی را که بایست combination تعیین

بدست نیاید، با combination دیگری بدست آورد.

Fann Rotational Viscometer در چهار مدل عرضه شده است:

MODEL 34 این مدل میتواند در دو سرعت ۳۰۰ و ۶۰۰ در در دقیقه کار کند. برق مورد نیازش از یک باطری

۱۲ ولت DC تأمین میشود. همین دلیل بیشتر آنرا در سرجه، مکار میبرند.

MODEL 35 این مدل میتواند در شش سرعت ۳، ۶، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۶۰ در در دقیقه کار کند. رایج ترین

مدل گرانروی سنج دوار است که معمولاً در آزمایشگاه از آن استفاده میشود.

MODEL 39 . این مدل که برای مطالعه ویژگی ها و خصوصیات نیوسترایپت گها گها حنای بسیار مناسب است از نظر basic design شبیه مدل ۳۵ است ، این برتری که می تواند بطور اتوماتیک ، یک rheogram (X) راحت شرایط از پیش تعیین شده ثبت کند .

MODEL 50 . این مدل که علی رغم ظاهر ساده ای پیچیده اش نیز از نظر طراحی ساختمان ، شبیه دو مدل قبلی است قادر است خواص rheologic چهار حنای راحت شرایط فشار و درجه حرارت زیاد اندازه گیری کند (مدالتر تا 1000 PSI ، 500 °F)

از میان این چهار مدل گرانروی سنج دوار ، به نظر می آید که مدل ۳۵ رایج ترین است و چون در آزمایشگاه آزمون استاندارد می شود ، شرح مختصات فنی آن را پر ازیم . ابتدا جدول ثابت های دستگاه را برای تعیین SS ، SR و SR² حنای می نویسیم :

جدول ۱

ثابت های دستگاه Fann Rotational Viscometer, Model 35 برای تعیین SS و SR و چهار حنای

Rotor - Bob combination	nominal SR sec ⁻¹ /rpm	SS dynes/cm ²	مشخصات فنر	
			spring number	spring factor
R ₁ B ₁	1.7040	5.077 x Fθ	F 0.2	0.2
R ₂ B ₁	5.4200		F 0.5	0.5
R ₃ B ₁	0.3770		F 1	1
R ₁ B ₂	0.3769	10.010 x Fθ	F 2	2
R ₂ B ₂	0.4084		F 3	3
R ₃ B ₂	0.2703		F 4	4
R ₁ B ₃	0.2683	20.30 x Fθ	F 5	5
R ₂ B ₃	0.2757		F 10	10
R ₃ B ₃	1.7240		F: Spring Factor	
R ₁ B ₄	0.2683	43.840 x Fθ	R: Rotor	
R ₂ B ₄	1.2757		B: Bob	
R ₃ B ₄	0.2358		θ: Dial Reading	

این مدل معمولاً با ترکیب R₁B₁F₁ بازار عرضه می شود . مشخصات این ترکیب عبارتند از :

- R₁ : rotor (or sleeve) diameter = 1.46" قطر گردون
 B₁-R₁ : bob - rotor distance = 0.045" فاصله گردون تا گوی
 F₁ : spring factor = 1 ضریب فنر

(X) rheogram عبارتست از منحنی SS-SR و مشخصات کارترین

SR بر حسب دور واحد بیان میشود: rpm و $\frac{1}{\text{sec}}$ (یا sec^{-1})
 رابطه بین این دو واحد بستگی دارد به قطر گردونه و فاصله آن تا گوی. برای اندازه های ذکر شده، این رابطه بسطی زیر

$$1 \text{ rpm} \equiv 1.703 \frac{1}{\text{sec}}$$

است: (این فرمول را ثابت کنید!)

با این SR معادل هر یک از سرعت های دستگاه بشیر زیر خواهد شد:

$$\text{SR} = 3 \text{ rpm} = 5.11 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{SR} = 6 \text{ rpm} = 10.22 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{SR} = 100 \text{ rpm} = 170.30 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{SR} = 200 \text{ rpm} = 340.60 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{SR} = 300 \text{ rpm} = 511.00 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{SR} = 600 \text{ rpm} = 1022.00 \text{ sec}^{-1}$$

چون در مهندسی ضایعی، SS معمولاً بر حسب $\frac{\text{lb}_f}{100 \text{ ft}^2}$ بیان میشود، لذا برای تبدیل Dial Reading

$$\text{SS} = 1.067 \times (\text{Dial Reading})$$

$\frac{\text{lb}_f}{100 \text{ ft}^2}$ بر حسب درجه انحراف بر حسب درجه انحراف

(توجه کنید که Dial Reading (بر حسب درجه انحراف) و $\frac{\text{lb}_f}{100 \text{ ft}^2}$ هر دو واحد های بیان SS هستند)

برای بدست آوردن μ (با ویسکاسیتی، بر حسب cps) با مقادیر SR، SS رابطه داریم: $\mu = \frac{\text{SS}}{\text{SR}}$

اگر SR (بر حسب rpm) و SS (بر حسب درجه انحراف) باشد آنگاه:

$$\mu = 300 \times \frac{\text{dial reading}}{\text{rpm}}$$

اگر SR (بر حسب sec^{-1}) و SS (بر حسب $\frac{\text{lb}_f}{100 \text{ ft}^2}$) باشد آنگاه:

$$\mu = 479.2 \times \frac{\text{SS}}{\text{SR}}$$

مثال: با گاز نیتروکسیج درآر Fann مدل ۲۵ در سرعت ۶۰۰ rpm سنج dial reading شده ۵۰ درجه انحراف. ویسکاسیتی میان سرد آزمایش با بدست آورید (دستگاه مجزبه R, B, F است)

soln. 1) $\mu = 300 \times \frac{\text{dial reading}}{\text{rpm}} = 300 \times \frac{50}{600} = 25 \text{ cps.}$

soln. 2) $\mu = 479.2 \times \frac{\text{SS}}{\text{SR}} = 479.2 \times \frac{50 \times 1.067}{600 \times 1.703} = 25 \text{ cps.}$

$$\text{soln. 3) } \mu = \frac{SS}{SR} = \frac{5.077 F \theta}{1.704 \times 600 \text{ sec}^{-1}} = \frac{5.077 \times 1 \times 50 \text{ dynes/cm}^2}{1.704 \times 600 \text{ sec}^{-1}}$$

$$= 0.2482 \frac{\text{dyne sec}}{\text{cm}^2} = 0.2482 \text{ p.} = 24.82 \text{ cps.}$$

ب- گزارشی وسیع موئینه

گزارشی وسیع موئینه عمدتاً برای مطالعه خواص و ویژگی‌های shear thinning (*) که با لیری کم جابده، طراحی شده است. بروقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که اطلاعات حاصله از آنرا بخواهیم در حل مسائل pipe flow بکار بگیریم. این دستگاه قادر است viscosity را از SR های بسیار کم تا SR های بسیار زیاد (مثلاً تا 100000 sec^{-1}) که حاصل بیش از 58000 rpm است) اندازه‌گیری کند و این range وسیع از SR ها توسط سه لوله موئینه (capillary tube) با اندازه‌های مختلف تأمین می‌شود.

برای تعیین vis یک سیال، این دستگاه، سیال را در نقطه مخصوص خود قرار داده و فشار هوا را در آن ایمن می‌کنیم تا سیال در لوله موئینه جریان پیدا کند. flow rate (و سرعت جریان) سیال را بر حسب ml/min اندازه‌گیری می‌کنیم. آن‌گاه فشار هوا را اندازه‌گیری می‌کنیم و مجدداً سرعت جریان را اندازه‌گیری می‌کنیم.

$$SS = \frac{D}{4L} \times \Delta P = K_s (\Delta P)$$

$$SR = \frac{8V}{D} = \frac{32Q}{\pi D^3} = \frac{32}{\pi D^3} \times Q = K_r Q$$

$$\mu = \frac{SS}{SR} = \frac{K_s (\Delta P)}{K_r (Q)} = \frac{\pi D^4}{128L} \times \frac{\Delta P}{Q} = K_\mu \cdot \frac{\Delta P}{Q}$$

K_μ ثابتی است و ویژه هر لوله موئینه که مقدار آن بستگی دارد به قطر لوله موئینه و طول آن.

$$\mu = K_\mu \cdot \frac{\Delta P}{Q}$$

Pressure drop (PSI) → ΔP
flow rate (ml/min) → Q

viscosity (cps)

مقدار K_μ از جدول زیر بدست می‌آید:

TUBE No.	K_μ
#1	97.45
#2	246.94
#3	12.37

D: capillary tube diameter, in.

در فرمول‌های فوق:

L: capillary tube length, in.

ΔP : pressure drop, PSI

Q: flow rate, ml/min

SS: shear stress, dyne/cm²

SR: shear rate, sec⁻¹

(*) ر.ک. صفحه ۷۷

مثال: بکارگیری سیخ موئینه مجزبه، تیوب شماره ۲، نتایج زیر حاصل شده است:

pressure drop, $\Delta P = 15 \text{ PSI}$

flow rate, $Q = 149 \text{ ml/min}$

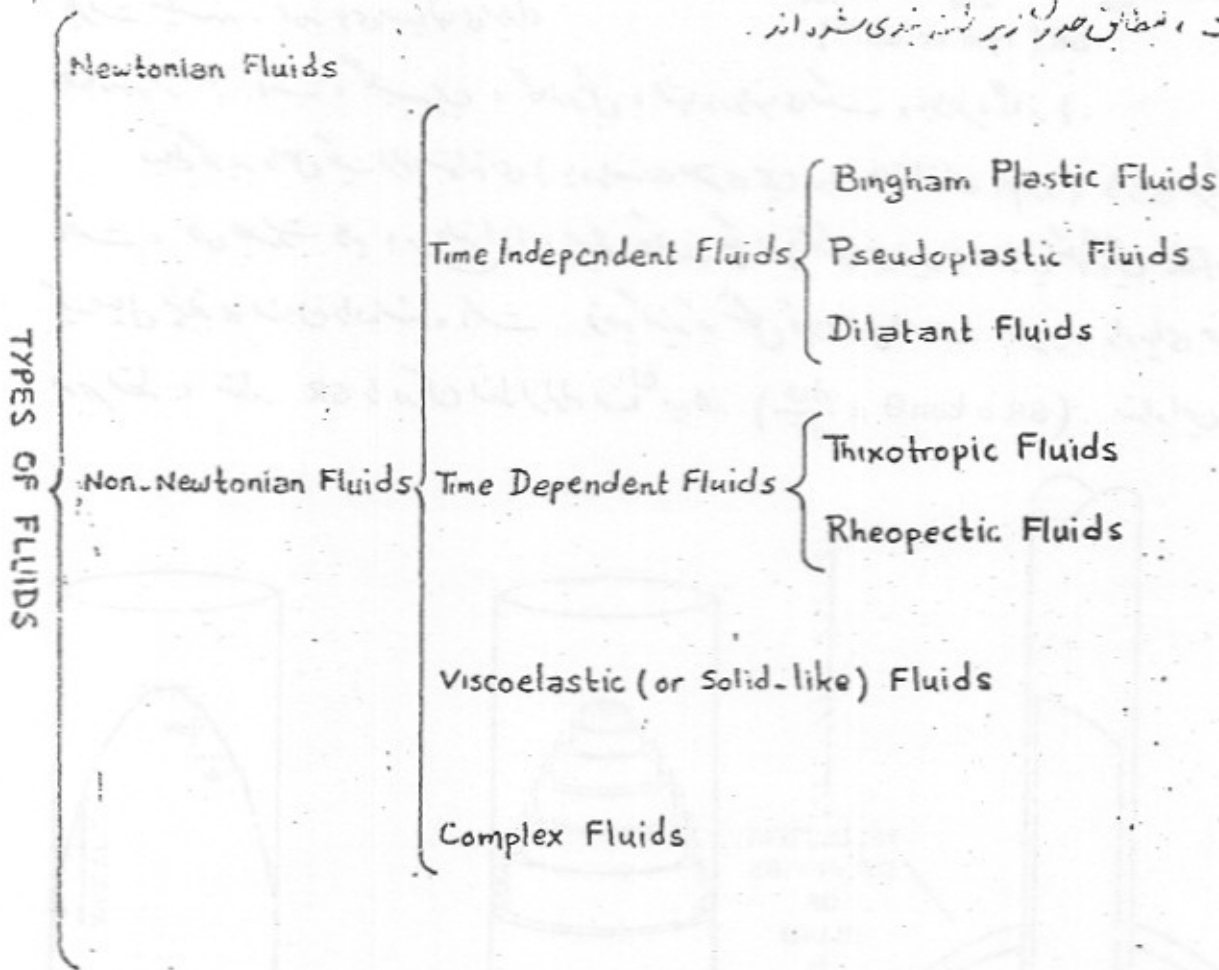
مطلوبت گزازی سیال.

$$\mu = K_{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{Q} = 246.94 \times \frac{15}{149} = 24.86 \text{ cps.}$$

حل:

انواع سیالات

سیالات، مایعات و جامدات زیر دسته بندی شده اند.

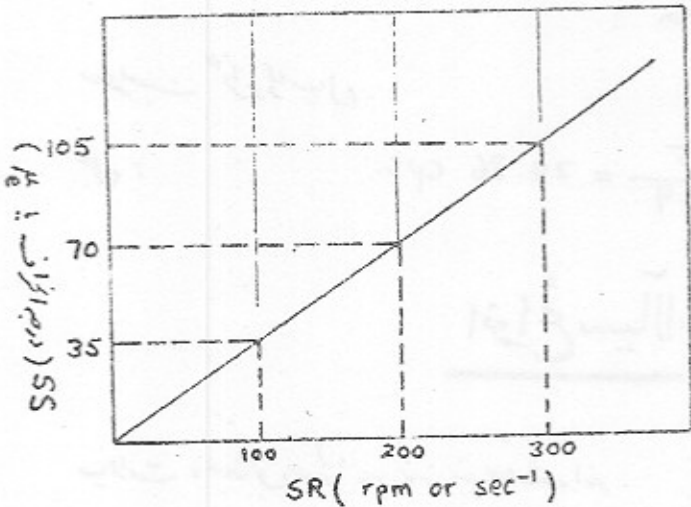


اینک به شرح هر کدام میپردازیم.

نیوتنی سیالها نیوتونی

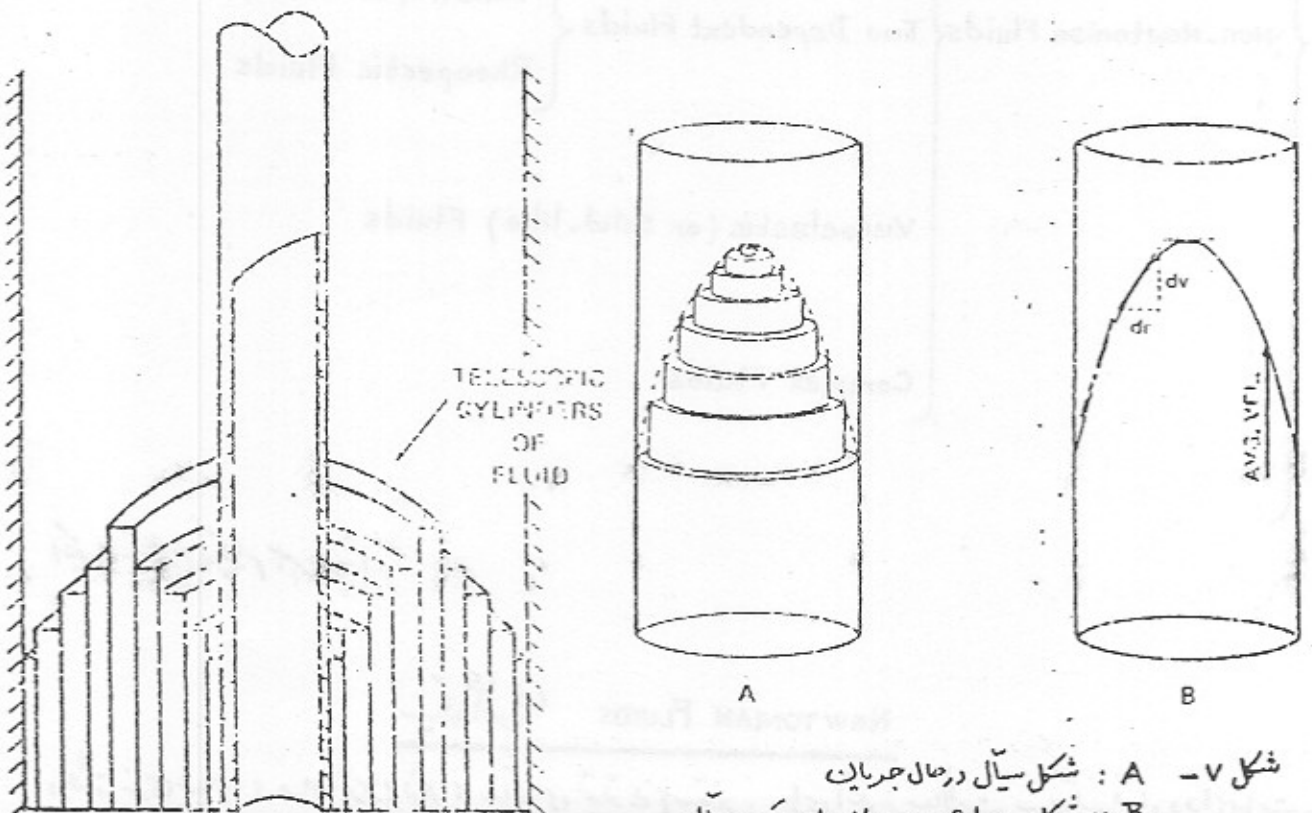
در رده بندی نیولیاها، ساده ترین نوع، سیالهای نیوتونی هستند. برای اینگونه سیالات - در یک فشار و دمای ثابت - تغییرات SS مستقیماً با تغییرات SR تناسب است، یعنی اگر SR دوبرابر شود، SS نیز دوبرابر میشود یا اگر فشار لازم برای پمپ کردن سیال را دوبرابر کنیم، flow rate (یا سرعت جریان) سیال نیز دوبرابر میشود.

rheogram سیالهای نیوتونی در روی مختصات کادترین خط مستقیم را درست میکنند که از مبدأ میگذرد. شیب این خط - یعنی $\frac{SS}{SR}$ - ضریب گرانزی (coefficient of viscosity) یا بطور خلاصه viscosity سیال را نشان میدهد



و مقدارش در فشارهای ثابت، همواره ثابت و مستقل از SR است. این شیب ثابت، ویژگی هر سیال نیوتونی را کاملاً شرح میدهد. سیالات نیوتونی چون گجت تأثیر نیوتونی - هر چند اندک - واقع شوند بلافاصله شروع حرکت میکنند. نمونه های سیالهای نیوتونی عبارتند از: آب، گلیسرین، گازوئیل، نفتها و روغنهای سبک و بلاغزه گازها.

سیال که در داخل یک لوله استوانه ای (یا در فضای حلقوی بین دو لوله استوانه ای هم محور) دارای جریان laminar است، خود بصورت لایه های استوانه ای هم محور حرکت میکند (شکل های زیر). در این شکلها همچنین velocity profile یک سیال نیوتونی نشان داده شده است. فرض کنید که شکل آن سهمی است. ضریب زاویه ای خط مماس بر این سهمی در هر نقطه، مقدار SR را در آن نقطه از لوله نشان میدهد ($SR = \tan \theta = \frac{du}{dr}$). مقدار این ضریب زاویه ای



شکل ۶- استوانه ای تلسکوپی در فضای حلقوی بین دو لوله در جریان laminar

شکل A - v : شکل سیال در حال جریان
شکل B : velocity profile یک سیال نیوتونی در یک لوله استوانه ای در جریان laminar

در مرکز لوله (یا در مرکز فضای حلقوی بین دو لوله) منراست و بدویج که بطرف جداره لوله (یا لوله) بیس بر دیم افزایش پیدا میکند تا آنکه در محل جداره به بنهایت میرسد. بنابراین SR در مرکز لوله صفر و در جداره لوله حداکثر است. پس SS هم که تابع SR است در مرکز لوله صفر و در جداره آن حداکثر مقدار خود را خواهد داشت.

SR در جداره یک لوله استوانه ای از این فرمول قاسم میشود :

$$\text{wall SR} = \frac{8V}{D}$$

SR در جداره ای دو لوله استوانه ای هم جور از این فرمول قاسم میشود :

$$\text{wall SR} = \frac{12V}{D}$$

در این فرمولها ، D قطر لوله (بر حسب ft) ، V سرعت متوسط سیال (بر حسب ft/sec) میباشد. در این صورت SR (بر حسب sec) بدست خواهد آمد.

برای مشخص کردن رفتار یک سیال در حال حرکت (یا جریان) ، باید تغییرات SS آن سیال را بر حسب تغییرات SR آن بدانیم. عبارات دیگر باید بازاء مقادیر مختلف SR که بان سیال میدهم ، مقادیر مختلف SS آنرا اندازه بگیریم. آنگاه این تغییرات را بصورت یک رلوگرام روی یک منحنیات کمترین رسم کنیم. همانطوریکه ذکر شد در مورد سیالات نیوتونی ، این رلوگرام خطی است مستقیم که از مبدأ منحنیات میگذرد و میدانیم که برای ترسیم چنین خطی ، داشتن تنها یک نقطه از آن خط کافی است. بزبان دیگر ، داشتن SS در یک SR همین از یک سیال نیوتونی ، میتوانیم SS را در سایر SR ها بداند که میدانیم.

سیالها غیر نیوتونی
NON-NEWTONIAN FLUIDS

سیالاتی که از قانون Viscous Resistance نیروی تبعیت نکنند ، سیالات غیر نیوتونی خوانده میشوند. به سببی ساده ، هر سیالی که نیوتونی نباشد ، غیر نیوتونی است.

سیالات غیر نیوتونی را همانطوریکه از جدول صفحه ۷۳ نیز برسیاییم به چهار طبقه اصلی تقسیم کرده اند :

- ۱- سیالاتی که خواصشان مستقل از گذشت زمان است
- ۲- سیالاتی که خواصشان بستگی به گذشت زمان دارد
- ۳- سیالاتی که ویژگی آنها به هم صلب را از خود نشان میدهند
- ۴- سیالات کپکس

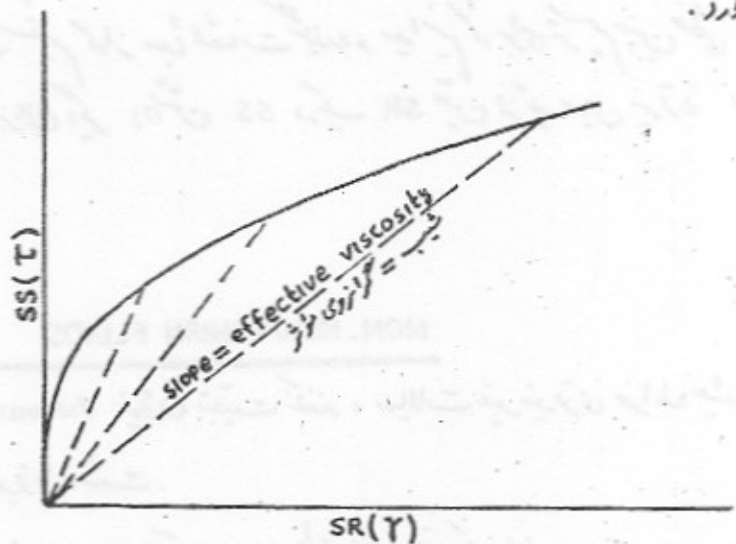
با ورود ذرات ریز یا دانه های کولوئیدی در یک سیال ، تصادم و برخورد های بین آنها زیاد شده و این امر باعث افزایش SS که همان نیروی لازم برای حفظ و تباها جریان صغیری است میشود. اگر طول این ذرات در مقایسه با فاصله بین آنها زیاد باشد ، و فاصله بین آنها زیاد شده و بطور نامنتظمی جهت یافته باشند ، در SR کم برخورد های میان ذره ای (یا interparticle interference) در سیر جریان بسیار زیاد خواهد بود. لیکن با افزایش تدریجی SR ، ذرات در سیر حرکت خود "بض" شده و کمتر با یکدیگر تصادم میکنند. این امر باعث میشود که velocity profile چنین

سیالهای - و قتیله در یک لوله استوانه‌ای حرکت میکنند - velocity profile یک سیال نیوتونی (مثل آب) که در لوله شاهی در جریان است ، تفاوت داشته باشد . در رزولوم که SR کم است ، برخورد ذرات زیاد است و سیال بیشتر تایل دارد که بصورت جسمی صلب حرکت کند و مطابق شکل A ، velocity profile آن از حالت سهمی خارج شده و کمی flat می‌شود (یعنی تخت می‌شود) . این تخت شدن velocity profile سیال ، نه تنها باعث افزایش sweep efficiency آن در جای کردن یک سیال دیگر می‌شود ، بلکه توان آنرا در عمل ذرات بزرگتر نیز افزایش میدهد . ذرات جدید در جهت در یک سیال ، ممکن است electrically جذب یکدیگر شده باشند . در این حالت نیز در SR کم ، اتحاد ذرات زیاد است و با حرکت سیال قابلیت میکنند ، کمین در SR های زیاد ، آنها کثیف شده و سیال بیشتر شبیه آب رفتار میکند . اگر ویژگی‌های حرکت سیال را در نظر بگیریم ، در آن مناسب با افزایش SR نباشد - یعنی تغییرات SS با تغییرات SR نسبت مستقیم نداشته باشد - آن سیال را غیر نیوتونی میگویند . بیشتر قطعی صفا که جزء دسته سیالات غیر نیوتونی هستند و هندس گلشناس بیشتر flow pattern اینگونه سیالات را

طرد .



شکل ۸ - Velocity profile برای یک سیال غیر نیوتونی (در جریان laminar)



شکل ۹ - نمودار یک نمونه سیال غیر نیوتونی

در شکل ۹ ، رابطه SS با SR برای یک نمونه سیال غیر نیوتونی

شان داده شده است . نسبت $\frac{SS}{SR}$ (که در مورد سیالات نیوتونی ثابت بود و آنرا coefficient of viscosity یا بطور عام viscosity نامیدیم) ، در اینجا دیگر ثابت نیست و با زیاد شدن SR فرق میکند . این بدان معنی است که یک سیال غیر نیوتونی دارای viscosity واحد ثابتی که برابر ویژگی‌های حرکت آن سیال را در همه SR ها تقریباً کند نمیباشد . همین دلیل در مورد سیالات غیر نیوتونی بجای viscosity ، از effective viscosity نام برده میشود . بنابراین EV یک سیال غیر نیوتونی در یک SR معلوم ، عبارتست از خارج قسمت SS به آن SR . برای بدست آوردن EV

در مورد هر نوع رئومتر ، میتوان از فرمول زیر استفاده کرد :

$$EV (\text{CPS}) \leftarrow \mu_e = 300 \times \frac{\text{dial reading}}{\omega} \rightarrow \text{dod}$$

RPM

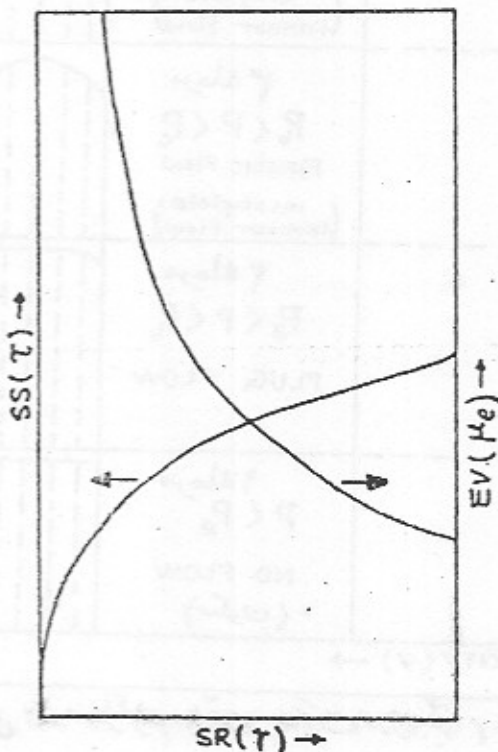
میزان شال فرض کنید که در یک سری اندازه گیری بین SS و SR یک سیال با دستگاه گرازی سنخ دوایر Fann ، در لحظه ای که SR = 600 rpm بوده است ، dial reading شده باشد مثلاً 60 dod (یعنی ۶۰ درجه انحراف) ، بنابراین EV در این SR خواهد شد :

$$EV = \frac{SS}{SR} = \frac{60 \times 1.067 \frac{\text{lb}_f}{100 \text{ft}^2}}{600 \times 1.703 \text{ sec}^{-1}} = \frac{60 \times 1.067}{600 \times 1.703} \frac{\text{lb}_f \text{ sec}}{100 \text{ft}^2}$$

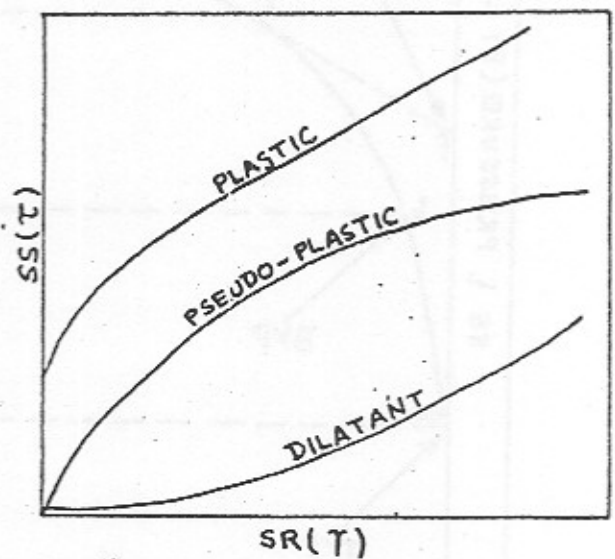
$$= \frac{60 \times 1.067}{600 \times 1.703 \times 100} \frac{\text{lb}_f \text{ sec}}{\text{ft}^2} = \frac{60 \times 1.067}{600 \times 1.703 \times 100} \times 479.2 \text{ cps} = 30 \text{ cps}$$

روش دوم :
$$\mu_e = 300 \times \frac{\text{dial reading (dod)}}{\omega (\text{rpm})} = 300 \times \frac{60}{600} = 30 \text{ cps}$$

EV در یک نقطه از منحنی τ را هم چنین میتوان از روی شیب خط مستیمی که منبداً را به آن نقطه وصل میکند به دست آورد (شکل ۹) . با توجه به همین شکل ملاحظه میشود که با افزایش SR ، اندازه EV کاهش پیدا میکند. این مطلب در شکل ۱۰ تجویز نشان داده شده است. در این شکل ، تغییرات EV ، SS یک سیال غیر نیوتونی ، بر حسب تغییرات SR آن ترسیم شده است.



شکل ۱۰- پدیده "shear thinning effect" در سیالهای غیر نیوتونی



شکل ۱۱- flow curve یا consistency curve چند سیال غیر نیوتونی

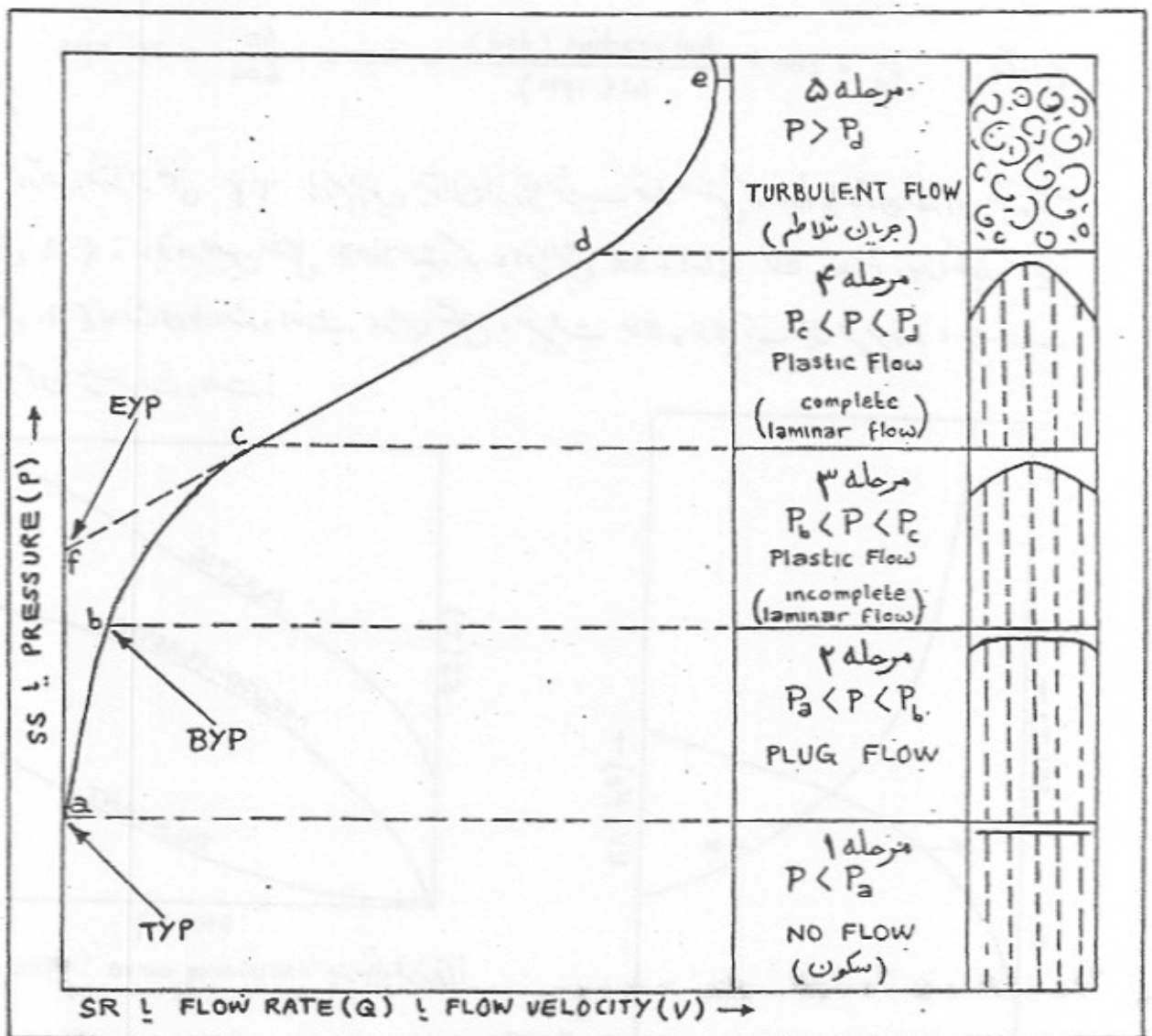
در شکل ۱۱ ، منحنی غلظت (یا consistency curve) سیالهای غیر نیوتونی رسم شده است. ملاحظه میشود که در سیالهای dilatant و pseudo-plastic بجزر اندک shear شروع میشود ، حرکت سیال

هم شروع میشود و حال آنکه در سیال مدل plastic ، برای بجزرمان در آوردن سیال از حالت سکون ، همواره باید انرژی نبرد احتیاج است. لذا در این نیز ، از قبل برخورد consistency curve سیال با محور SS بدست میآید. این شکل

همچنین نشانی میدهد که سیال غیر نیوتونی مدل pseudo-plastic ، با افزایش SR رفته رفته thin میشود (*)
 - یعنی گرانروی کاهش کم میشود - درحالیکه سیال مدل dilatant در همین شرایط ، thick میشود .

مدل پلاستیک بingham BINGHAM PLASTIC MODEL

سیالاتی که rheogram آنها مطابق شکل زیر است ، سیالات پلاستیک (plastic fluids) و حرکت آنها را حرکت پلاستیک (plastic flow) مینامند .



شکل ۱۲ - رئوگرام سیالات پلاستیک مدل بingham (نظیر درغابای رسی)

TYP = True Yield Point = P_a

BYP = Bingham's Yield Point = P_b

EYP = Extrapolated Yield Point = P_c

اصفهارت شکل فوق :

(*) این پدیده - یعنی thin شدن تدریجی یک سیال با افزایش تدریجی SR آن - r shear thinning effect

موسوم البت (همچنین شکل ۹ را ببینید)

تجربه معلوم شده است که برای حرکت در آدرن گاهی حتی در درون لوله آب یک "حد آستان فشار" احتیاج است (P_a). اگر فشار وارد بر گل کمتر از این حد باشد، گل حرکت نخواهد کرد و اگر فشار از این حد تجاوز کند، قوام گل در هم خواهد شکست و گل شروع به حرکت میکند و حرکتش متداثری است که گویی بجای مایع، جسمی صلب دارد حرکت میکند. نوع جریان گل در این مرحله plug flow نامیده میشود و در خط مستقیم ab صورت میگیرد. اگر فشار را افزایش دهیم تا مقدار آن از P_b زیادتر شود، آنگاه نوع جریان گل عوض خواهد شد. بین فشارهای P_b و P_c ، گل در یک مرحله انتقالی از plug flow به laminar flow قرار میگیرد که آنرا (incomplete laminar flow) میگویند و همانطور که از روی شکل هم مشخص است، رابطه SS با SR (دیاگرام $flow$ ، $pressure$) در این مرحله دیگر خطی نیست بلکه یک منحنی non-linear (یا غیر خطی) است و $flow$ pattern آن نشان میدهد که $viscosity$ گل (که برابر است با $\frac{dP}{dQ}$)، در این فاصله مرتباً کاهش مییابد. بعبارت دیگر سرعت افزایش $flow$ rate بیشتر از سرعت افزایش $pressure$ است.

بین فشارهای P_c و P_d ، رابطه بین $flow$ rate و $pressure$ مجدداً خطی میشود. بعبارت دیگر تغییرات SS متناسب با تغییرات SR میگرد یعنی هرگونه افزایشی در SR ، افزایش مشابهی را در SS ایجاد میکند. در این فاصله $flow$ pattern سیستم، نیروی میسر. این بدان معنی است که شیب خط مستقیم CD ، نشاندهنده PV گل میگرد. نوع جریان گل در این مرحله complete laminar flow نامیده میشود. استاندارد خط dc ، تورنتار را در نقطه f قطع میکند.

در فشارهای زیادتر از P_d نوع جریان گل بکلی عوض میشود و شکل turbulent (یا سلاطم) بخود میگرد.

P_a ، فشار لازم جهت ایجاد plug flow و حرکت در آدرن سیال از حالت سکون است.

P_b ، فشار لازم جهت ایجاد plastic flow است.

P_f ، فشاری است که اندازه YP گل را نشان میدهد. ریشه گرانژی سنخ دوار معمولاً این فشار را بعنوان YP اندازه گیری

میکند. در حساب مهندسی میدان (با تقریب قابل قبول)، P_a را مساوی P_b فرض کرد. همچنین: $P_f = \frac{4}{3} P_b$

برای نشان دادن خواص rheologic گاهی حتی غالباً مدل پلاستیک بیهام بکار میرود. معادله ریاضی این مدل

$$SS = SS|_{SR=0} + PV \times SR \quad \text{بصورت زیر است:}$$

$SS|_{SR=0}$ (بخوانید: SS در SR صفر) را عموماً YP میگویند. بنابراین فرمول فوق را میتوان به شکل زیر نوشت:

$$SS = YP + PV \times SR$$

دقتی از ریشه گرانژی سنخ دوار $Fann$ (شماره ۳۰) SR ، معادل دور در دقیقه و SS ، معادل درجه انحراف ^{شماره} است. در این صورت معادله فوق به شکل زیر درمیآید:

$$\theta = YP + PV \times \frac{\omega}{300}$$

dial reading ← θ → سرعت گردان (rpm)
 yield point ($\frac{lbf}{100 ft^2}$)
 plastic viscosity (CPS)

ماده فوق مذکوره می دهد که θ تابع است از ω و YP, PV پارامترهای ماده هستند. برای بدست آوردن مقادیر این پارامترها، که است بازم در مقدار دلخواه از ω ، مقادیر θ را ثبت کنیم در فرمول فوق وارد کنیم. فرض

کنیم که : $\omega_1 = 600 \text{ rpm} \rightarrow \theta_1 = \theta_{600}$

$\omega_2 = 300 \text{ rpm} \rightarrow \theta_2 = \theta_{300}$

این مقادیر را در فرمول فوق میگذاریم. خواهیم داشت :

$$\begin{cases} \theta_{600} = YP + PV \times \frac{600}{300} \\ \theta_{300} = YP + PV \times \frac{300}{300} \end{cases}$$

حل همزمان معادلات دستگاه فوق منجر به پاسخهای برای YP, PV خواهد شد :

$$\begin{cases} PV = \theta_{600} - \theta_{300}, \text{ cps} \\ YP = \theta_{300} - PV, \text{ lbf}/100 \text{ ft}^2 \end{cases}$$

بنابراین، apparent viscosity (یا گرانزی ظاهری) عبارتست از EV یک سیال غیر نیوتون در SR معدل (600 rpm). اگر dial reading برای 600 rpm را θ_{600} فرض کنیم و این مقادیر را در فرمول EV قرار دهیم (منوعه v_e)، آنگاه مقدار گرانزی ظاهری بدست خواهد آمد :

$$AV = \mu_e \Big|_{SR=600 \text{ rpm}} = 300 \times \frac{\theta_{600}}{600} = \frac{1}{2} \theta_{600}$$

$$AV = \frac{1}{2} \theta_{600}, \text{ cps} \quad \text{پس :}$$

تذکره - viscosity سیالهای نیوتون در تمام SR ثابت است و فرقی نمیکنند در حالیکه سیالهای غیر نیوتون در هر SR یک viscosity مخصوص آن دارند بنابراین در هنگام گزارش viscosity یک سیال غیر نیوتون باید حتماً قید شود که آن viscosity در چه SR اندازه گیری شده است و اگر SR معدل 600 rpm باشد، viscosity را همانطوریکه ذکر شد، apparent viscosity میگوئیم.

سیالات سودوپلاستیک PSEUDO-PLASTIC FLUIDS

در شکل ۱۱ ، flow curve یا منحنی غلظت سیالات سودوپلاستیک نشان داده شده است .
flow behaviour اینگونه سیالات با سادگی زیر نشان داده میشود :

$$SS = k (SR)^n ; n < 1$$

در نمودار سیالات سودوپلاستیک را که روی کاغذ لگاریتمی خط مستقیم خواهد شد ، با فرمول فوق تجزیه میزان غلظت را در مشروط بر آنکه مقادیر k ، n که برای هر سیال ثابت هستند درست انتخاب شده باشد . EV سیالات سودوپلاستیک با افزایش SR ، کاهش پیدا میکند . مثالهای از اینگونه سیالات عبارتند از : مملوهای پلیمری ، مواد مذاب ، سوپالینون های خمیر کاغذ و ...

DILATANT FLUIDS

در شکل ۱۱ ، flow curve یا منحنی غلظت سیالات dilatant نیز نشان داده شده است .
flow behaviour اینگونه سیالات با سادگی زیر نشان داده میشود :

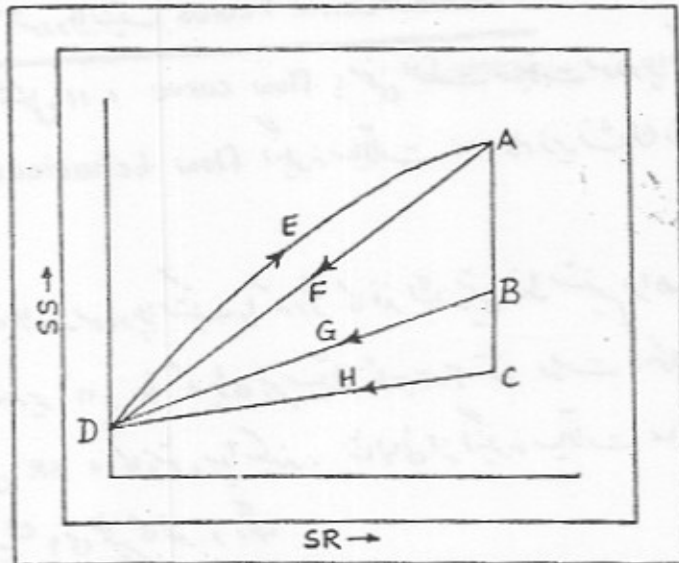
$$SS = k (SR)^n ; n > 1$$

در نمودار این سیالات نیز روی کاغذ لگاریتمی ، خط مستقیم خواهد شد . EV سیالات dilatant ، برخلاف سیالات سودوپلاستیک ، با افزایش SR ، افزایش پیدا میکند . مثالهای از اینگونه سیالات عبارتند از : سوپالینون یا مایع در آب ، quicksand ،

۱۱. نظر کرده در جدول ۱ ، صفحه ۷۳ گفته شد ، برخی از سیالات غیر نیوتونی هستند که خواصشان بستگی به گذشت زمان دارد . برای اینگونه سیالات EV نه تنها بستگی به SR دارد بلکه مدت زمانی هم که آن shear روی سیال اعمال شده نیز بستگی دارد . flow behaviour اینگونه سیالات را میتوان با فرمولی که قبلاً بیان شد توصیف کرد . این سیالات خود برداشته تقسیم میشوند : سیالات thixotropic ، سیالات rheopectic .

THIXOTROPIC FLUIDS

سیالات تیکسوتراپیک دارای بافتی هستند که برای شکستن آن ، هم احتیاج به SR است و هم احتیاج به زمان . در SR ثابت ، هر چه که این بافت بیشتر شکسته شود ، SS بیشتر کاهش پیدا میکند . اگر هم در آن قطع شود ، سیال دوباره بافت خود را میسازد . در شکل ۱۳ ، یک نمودار نمونه از یک سیال تیکسوتراپیک را که در سیم دستگاه گرانز در سطح دراز مدت آمده است نشان میدهد .



شکل ۱۳- دیوگرام یک سیال نیکسوتراپیک

در این شکل، مساحت داخل لوب DEAFD نشان دهنده مقدار thixotropy سیال است. وقتی که روی منحنی DEA به نقطه A برسیم، اگر SR را ثابت نگه داریم، SS در امتداد خط AB کاهش میابد تا به حد اقل خود در نقطه C می رسد. باز او این SR منحنی، SS بیشتر از این کاهش پیدا میکند. بعبارة دیگر بابت کل بیشتر از این شکسته نمیشود. در روی خط AC، هر زمان که SR را کاهش دهیم، منحنی باقی نظیر BGD و CHD حاصل میشوند.

نمونه های از سیالات نیکسوتراپیک عبارتند از: گهای حفاری، مایونیز، رنگها و مرکبها.

RHEOPECTIC FLUIDS

سیالات rheopectic سیالاتی هستند که در SR کم تا خیلی به ایجا ر بافت در درون خود دارند که این بافت در SR زیاد شکسته شده و از بین میرود. EV اینگونه سیالات در SR کم، افزایش و در SR زیاد، کاهش پیدا میکنند. نمونه های از سیالات rheopectic عبارتند از: مرسپالین های گچ در آب، Vanadium Pentoxide (V_2O_5) Sols و bentonite sols (*)

VISCOELASTIC (or SOLID-LIKE) FLUIDS

این سیالات هم خواص elastic دارند (مثل اجسام صلب) و هم خواص viscous (مثل مایعات) و شکل آنها دارای elasticity ویژه ای است. مایعات پالیری و pitch (بالتقریباً قیر مذاب) نمونه های از این سیالات هستند.

COMPLEX FLUIDS

سیالاتی که تغییرات SS و SR آنها را نمیتوان بر وسیله فرمولها و معادلات ریاضی ساده، ببلد گیر مربوط کرد، سیالات کبکلس نامیده میشوند. این سیالات در هر یک از دو دسته بندی های جدول من درآ میگیرند. گهای حفاری بیشتره و مذک که در تحت شرایط تغییر از لحاظ SR، دما، فشار و زمان قرار دارند، بهترین نمونه سیالات کبکلس هستند. چون مطالعه ریاضی اینگونه گهای حفاری بسیار پیچیده و مشکل است، در بحث rheology، آنها را (دینامیک گهای حفاری) تابع مدل پلاستیک بیلهام فرض میکنند.

(*) sol واژه ایست که عموماً به محلولهای بخش شده کولوئیدی اطلاق میشود (مایع گنیده، solution)

PV, YP خواص مطلق flow هستند و منسک کننده رفتار کولوئیدی و فعالیت سطحی ذرات جامد موجود در گسل حفاری میباشند و روی AV برست آمده توسط قیف مارش و یا VG meter اثر میگذارند. اندازه گیری PV, YP, در تعیین علت غیر طبیعی بودن VIS عمل حفاری بسیار مفید است.

PLASTIC VISCOSITY

مهمی که PV در ایستادگی و در برابر جریان و حرکت گسل دارد ناشی از اصطکاک مکانیکی (mechanical friction) است. اصطکاک مکانیکی در گسل حفاری ممکن است:

- ۱- بین خود ذرات جامد موجود در گسل بوجود آید
- ۲- بین ذرات جامد و فاز مایعی که آنها را احاطه کرده است بوجود آید
- ۳- در اثر shearing خود مایع بوجود آید.

کفین در سه چاه، علاوه بر PV را تابعی از غلظت ذرات جامد پراکنده در گسل میدانند.

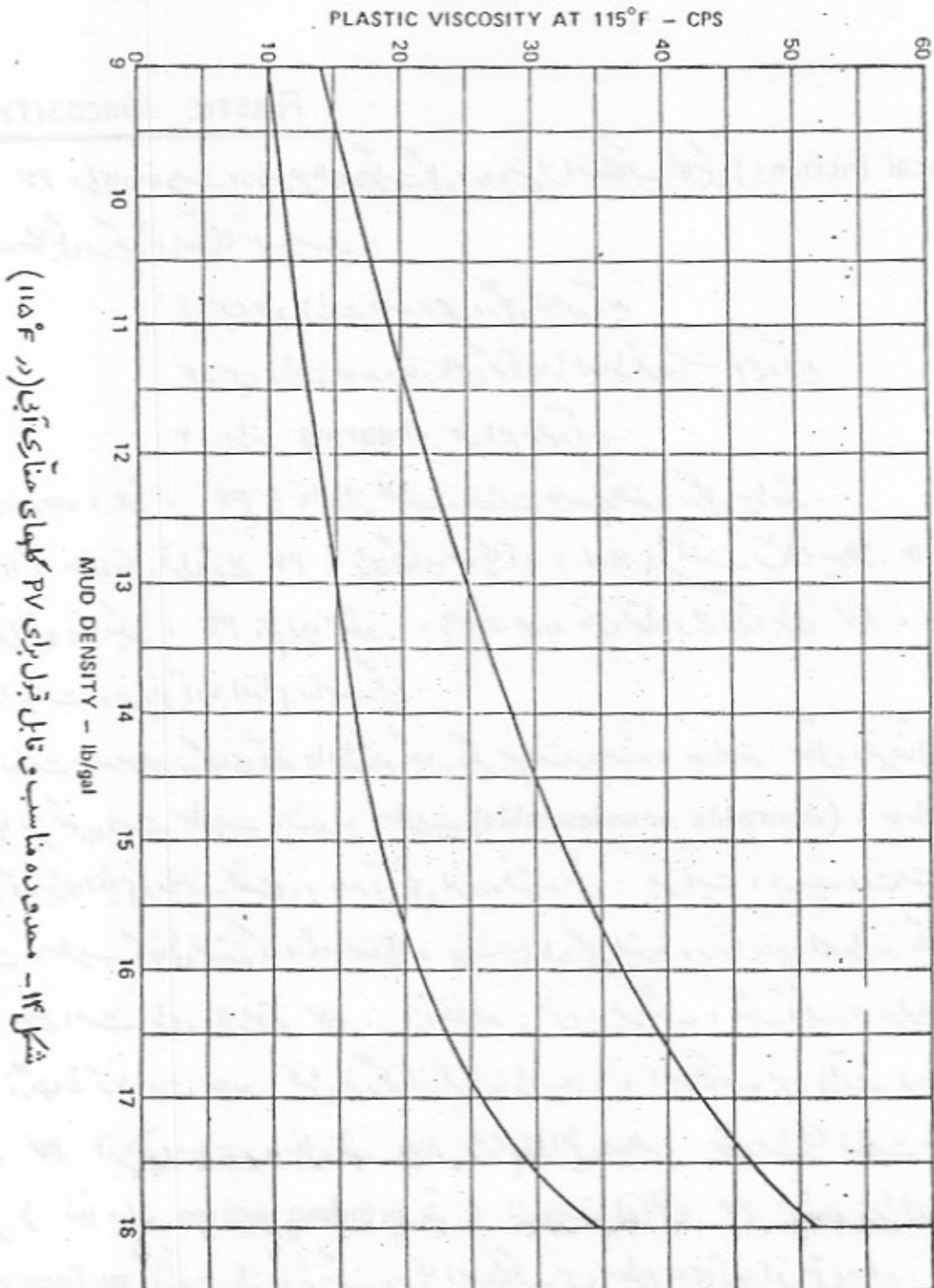
شکل ۱۴، حدود قابل قبول و عملی PV را برای گلهای حفاری آبی با MW مختلف نشان میدهد. ملاحظه میشود که هر چه MW افزایش پیدا میکند، PV هم زیاد میشود. با رعایت حدود قابل قبول و عملی فوق برای PV، میزان دلیل تجزیه VIS را یافت و در دفع آنها اقدام مناسب کرد.

ذرات جامد موجود در گلهای آبی همانطور که قبلاً ذکر هم اشاره شد، بدو دسته فعال و غیر فعال تقسیم میشوند که خود اینها نیز ممکن است مطلوب باشند یا نامطلوب (desirable or undesirable). جامدات مطلوب آنها هستند که برای انجام وظایف تخصصی، عموماً بگل افزوده میشوند مثل: بنتونایت، باریت، نشاسته، CMC و غیره. جامدات نامطلوب آنها هستند که منبهم حفاری، حوضشان دارد گسل میشوند و نه تنها فایده ای ندارند بلکه وجودشان در گسل مشخصاً مایع است برای بالا رفتن AV. از آنجمله اند: شن، پلم سنگ، سنگ آهک، دولومیت و غیره.

در گلهای که ذرات جامد، بخش بزرگی از حجم آنها را میبازد، اصطکاک بین ذرات زیاد است و همین سبب PV افزایش بسیار و در بنال خود AV را هم افزایش میدهد. خورد شدن ذرات جامد گسل به ذرات کوچکتر (مثلاً در اثر grinding action) نیز باعث افزایش PV میشود زیرا این عمل

surface area ذرات را زیاد تر میکند و نیز اصطکاک بین سطح جانبی آنها افزایش مییابد. برای کاهش PV (و طبقاً AV) گلهای حفاری باید غلظت ذرات جامد پراکنده در آنها را کاهش داد و اینکار برداشتهای متعددی صورت میگیرد:

DILUTION-1 در بسیاری از موارد، افزودن آب به گسل، غلظت ذرات جامد را کاهش میدهد، در نتیجه اصطکاک بین آنها کمتر شده و PV و AV کاهش مییابند.



۲- SHAKER SCREEN. اگر گل بعد از خروج از چاه از روی توری های لرزان عبور داده شود ذرات جامد بزرگ آن جدا می شود. از پاشیدن و ریختن آب روی توری با برش گیر کنید زیرا آب می تواند ذرات بسیار ریز جامد را شسته و همراه خود درآورد. گل کند.

۳- CENTRIFUGE OR CYCLONE SEPARATOR. این ماشین با برش مکانیکی ذرات جامد پراکنده در گل را بر حسب اندازه و وزنشان جدا می سازند و باین ترتیب باعث کاهش غلظت آنها در گل می شوند.

۴- DESANDER OR DESILTER. این ماشین با نیز برش مکانیکی، شن یا ذرات جامد گل را از آن جدا می سازد و غلظت آنها را پائین می آورد.

PV گل، تاج ویسکاسیتی فازی مایع گل نیز می باشد. چون VIS آب با افزایش دما کاهش می یابد، PV هم متناسب با آن کاهش پیدا می کند. اگر PV گلا رادر $115^{\circ}F$ داشته باشید، با بگگ نوگراف شکل ۱۵، می توانید آن را در دمای دیگری نیز به دست آورید.

VG meter و دستگاه تقصیر، توام با یکدیگر، می توانند وجود ذرات جامد گل و مقدار دقیق آنها را تشخیص دهند. شکل ۱۶، حدود تقریبی و قابل قبول درصد حجمی ذرات جامد گلهای حفاری را بر حسب وزن آنها نشان می دهد. گلهایی که solids content آنها از این حد تجاوز کرده است با موفقیت در چاه رانده شده اند یک قاعده سرانگشتی می یابید که برای گلهای سنگین وزن، در صد حجمی ذرات جامد - از نظر عدد - نباید از دو برابر وزن گل (بر حسب PPG) تجاوز کند. یعنی: $\% \text{ solids by volume} < 2 \times \text{MW (PPG)}$ (برای گلهای سبک وزن، این حد، البته بسیار زیاد است.)

گفتیم که برای کاهش درصد ذرات جامد گل، یک روش، رقیق کردن گل بوسیله آب است. اما اگر کسی است که از میزان آب لازم برای چنین کاری، تقریبی درست داشته باشد. به مثال زیر توجه کنید: در یک چاه بتقریب ۱۵" ، هر کیصد فوت عمق تقریباً ۲۱.۷۸۶۱ حجم دارد. اگر وزن مخصوص خاک سازند ۲.۵ باشد آنگاه وزن یک بشکه از آن تقریباً ۸۷۵ LBS خواهد شد. بنابراین هر کیصد فوت از این سازند، در حدود ۱۹۰۰۰ LBS خاک وارد گل حفاری می کند که اگر نصف این مقدار هم در گل سلق بماند و بقیه از طریق آلک لرزان از مدار گل خارج شود، لازم است بازاء هر کیصد فوت عمق، ۸۵ بشکه آب بگلی بزنیم تا وزن گل در حدود ۹.۸ PPG گهدهشته شود. دگر بنا باشد که روزانه در حدود ۸۰۰ FT حفاری کنیم، مقدار آبی که فقط جهت رقیق کردن گل تا حدود نظر لازم داریم تقریباً ۶۴۰ بشکه در روز خواهد شد.

PV دقیقاً زیاد شود دلالت بر افزایش اصطکاک در درون گل می کند که این خود ممکن است در اثر ورود ذرات جامد به گل باشد یا در اثر آسیب شدن آنها در زیر پشته و یا هر دو. بنابراین اگر چه کنترل ذرات جامد،

مثال: اگر PV گلی در ۱۱۵°F برابر ۴۰ cps باشد، در ۱۴۰°F چقدر خواهد بود؟

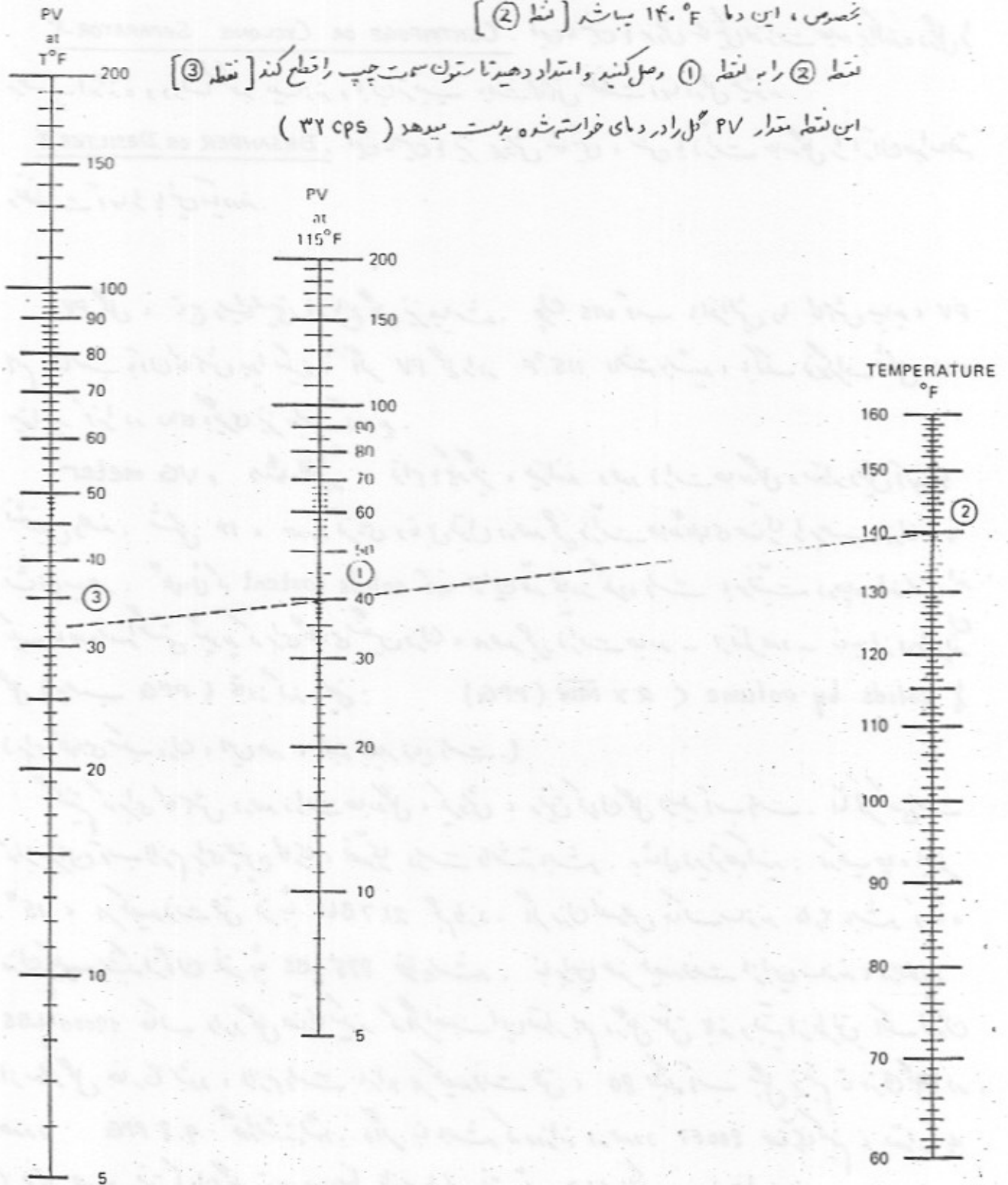
حل - ابتدا روی ستون وسط، PV گلی را در ۱۱۵°F (که در این مثال برابر ۴۰ cps است) مشخص کنید [نقطه ①]

بعد، روی ستون سمت راست، دمای جدیدی را که می‌خواهید PV گلی را در آن پیدا کنید، معلوم سازید. در این مثال

بخصوص، این دما ۱۴۰°F میباشد [نقطه ②]

نقطه ② را به نقطه ① وصل کنید و امتداد دهید تا ستون سمت چپ را قطع کند [نقطه ③]

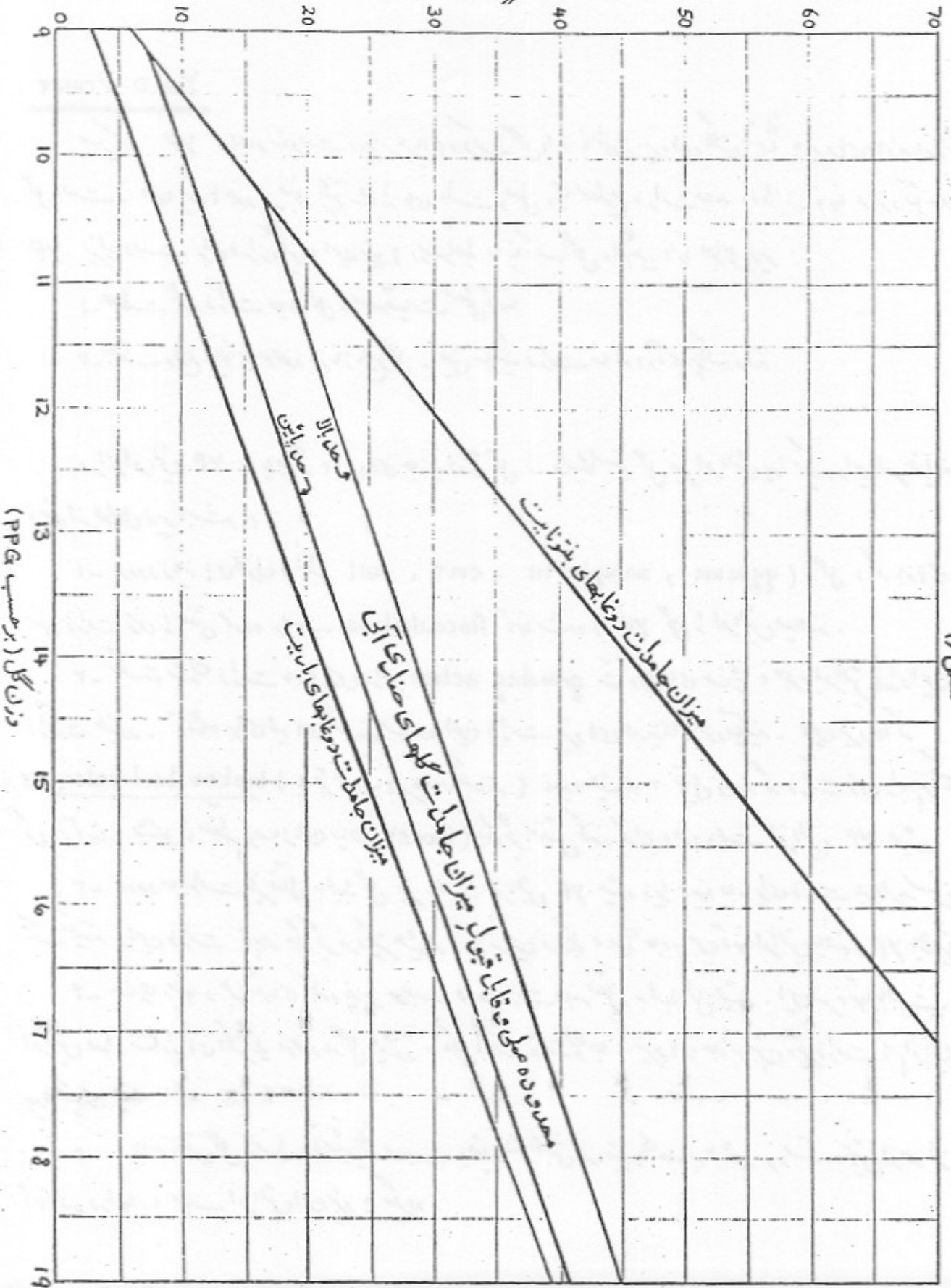
این نقطه مقدار PV گلی را در دمای خواسته شده بدست میدهد (۳۲ cps)



(شکل ۱۵)

Temperature Correction for Plastic Viscosity

درصد غلظت آبی



شکل ۱۵

وزن گل (بر حسب PP&A)

فرض بسیار کمی در کنترل ویسکاسیتی گل دارد، اما تقصیر همین جاست نمی شود: مثبتت ابرانشده در بالا رفتن ویسکاسیتی گل، تنها PV نیست که مسئول است، YP هم مسئولیت دارد.

YIELD POINT

سهمی که YP در ایجاد مقاومت در برابر جریان و حرکت گل دارد ناشی از نیروهای الکتروستاتیکی یا نیروهای جاذبه درون گل است. این نیروها خود در نتیجه تجمع شاره های مثبت و منفی روی سطوح ذرات جامد با اطراف آنها بوجود می آیند. YP بزرگ است برای اندازه گیری این نیروها در شرایط دینامیک گل ویسکالی دارد عوامل زیر:

- ۱- غلظت حجمی ذرات جامد گل و خصوصیات سطحی آنها
- ۲- غلظت و نوع لوبنیهای موجود در فاز مایع گل - یعنی حلالیه ذرات جامد در آنجا پراکنده اند.

در اثر افزایش YP - یا بجای آن، نیروهای جاذبه درون گل - ویسکاسیتی گل نیز افزایش پیدا میکنند و این امر منجر به ناشی از عوامل زیر باشد:

- ۱- ورود زمانه های محلول (نظیر gypsum, anhydrite, cmt, salt) به گل، که برای منفی ذرات رس را خنثی نموده و سبب flocculation آنها شده، YP گل را افزایش میدهند.
- ۲- شکسته شدن ذرات بزرگ در اثر grinding action و ولوله های حفاری، منجر به افزایش تعداد این ذرات میشود. آنگاه بزرگی به های شکسته شده این ذرات نیروهای جدیدی بوجود می آیند. این نیروها که broken bond valences (یا ظرفیت پاره بوند شکسته) نامیده میشوند، قایل دارند که ذرات رس را بهم نزدیک کرده و آنها را بشکلی نامنظم و سازمان نیافته (flocs) بکلیت متصل کنند که این خود باعث افزایش YP میشود.
- ۳- ورود جاذبات غیرفعال به محیط گل نیز باعث افزایش YP میشود زیرا اینها جاذبات برای ذرات بزرگ رس تک میکنند و این ذرات ناچار بکلیت نزدیکتر میشوند و در اثر این نزدیک، نیروی جاذبه بین آنها افزایش یافته و YP بالا میرود.
- ۴- حفاری رسها و پلیمرهای تبلور پذیر موجب ورود ذرات جامد فعال به محیط گل میشود. این امر نه تنها باعث افزایش تعداد شارهای الکتریکی موجود در گل میشود، بلکه باعث ترسک جا، نیروهای جاذبه بین دیگر ذرات هم افزایش پیدا میکنند.

۵- در مان ناقص گل توسط مواد سیسیایی سبب، قیامون بخشی از نیروهای جاذبه میشود و استفاده بیش از حد از آنها در در آنها، سبب افزایش این نیروها میگردد.

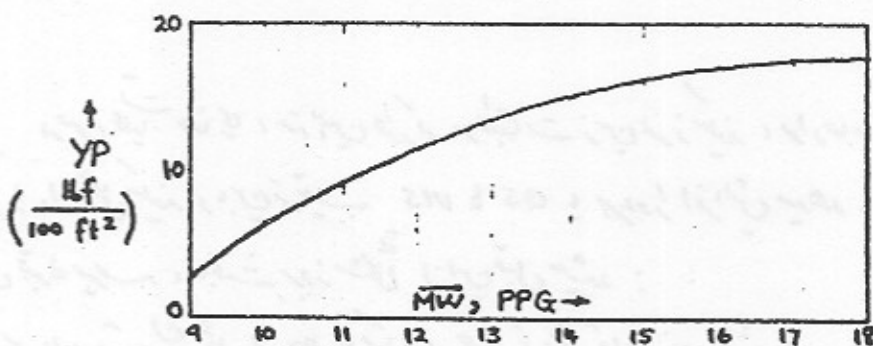
YP آن قسمت از مقاومت گل در برابر جریان یافتن است که میشود از آن به وسیله chemical treatment سبب

کنترل کرد. در مان شیمیایی، نیروی جاذبه را کاهش داده و از این راه YP را پائین می‌آورد. کاهش YP نیز منجر به خود ریز AV و اثر گذاشته و آنرا کم می‌کند. YP را میتوان بر روشهای زیر کاهش داد:

۱- ظرفیت های پیوندی شکسته را - که در اثر آستیا شدن ذرات رس در زیر مته بوجود آمده اند - میتوان بواسطه جذب بعضی یونهای منفی بر لبه های ذرات ریز رس خنثی نمود. این ظرفیت بواسطه کیلانی نظیر فسفاتهای کپتلس، تینین، لیکنز سالتونیت، گلیسین، و غیره تقریباً بطور کامل خنثی میشوند: نیروی جاذبه ای که قبلاً وجود داشته اند بواسطه این مواد شیمیائی خنثی شده و بار منفی ذرات رس آنقدر زیاد میشود که این ذرات (دیگر تنها ببله گیری چسبند بلبله) ببله گیر ارجح نیز کشیند.

۲- اگر YP بعل در اثر ورود یونهای Ca^{++} ، Mg^{++} ، بگل بالا رفته باشد، با خارج کردن این یونها بصورت رسوبهای نامحلول از محیط گل، نیروی جاذبه کاهش یافته و YP پائین میآید.

۳- آب نیز میتواند برای پائین آوردن YP بسیار در شرایط برائین غلظت ذرات جامد گل زیاد باشد. در غیر این صورت، استفاده از آب بمنظور کاهش YP نه تنها نسبت به اثر است بلکه میتواند گران هم تمام شود. آب تنهائی ممکن است سایر خواص گل را بطور نامطلوبی تغییر دهد و این خصوصاً در مورد گلهای سنگین صادق است. در این قبیل گلهای، افزودن آب، FL گل را زیاد میکند و وزن آنرا کاهش میدهد. بالا بردن مجدد وزن گل مستلزم استفاده از مواد وزن افزاست. در شکل زیر، حدود عملی و قابل قبول YP گلهای حفای آبی نشان داده شده است:



شکل ۱۷- حدود عملی و قابل قبول برای YP گلهای حفای آبی

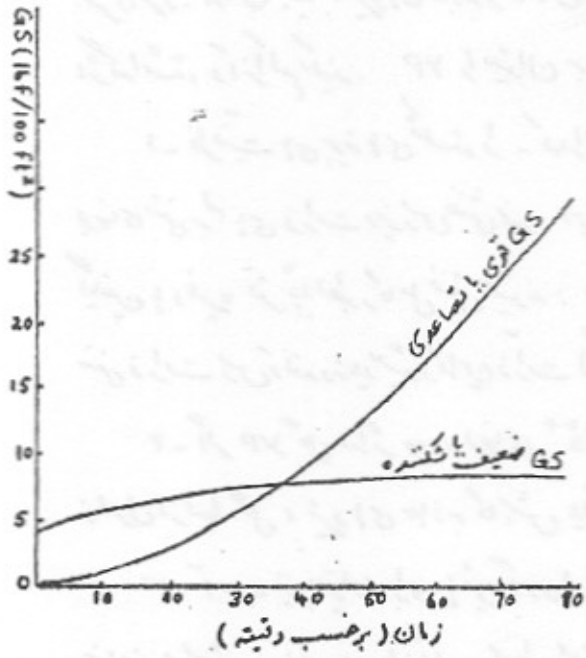
GEL STRENGTH

GS، YP بر دو نرانی برای اندازه گیری نیروی جاذبه موجود در گل میباشد، این تفاوت که YP اندازه این نیرو را در حالت حرکت گل (داینامیک) و GS اندازه آنها را در حالت سکون گل (استاتیک) نشان میدهد. بنابراین اگر عاملی YP گل را کاهش دهد، همان عامل GS گل را نیز کاهش میدهد و برعکس. GS نشان دهنده خواص بکتور استاتیک گل است (دیکتور استاتیک یعنی توانایی یک گل در تولید GS بگذشت زمان).

GS در دو نسبت اندازه گیری میشود: initial GS، 10 minutes GS.

توجه: بین نکته فردی است که YP کم، الزاماً دلالت بر GS (صغیر/منز) نمیکند. ممکن است لازم شود که تیز بستری گل زده شود، GS آن کاهش یابد در حالیکه کاهش نسبی در AV گل مشاهده نگردد.

دفع GS داریم (شکل ۱۸):



شکل ۱۸ - انواع GS : ضعیف و قوی

۱- GS ضعیف یا شکننده (weak or fragile)
 ۲- GS قوی یا تصاعدی (strong or progressive)
 GS قوی یا تصاعدی که علت بوجود آمدن آن، خلط زیاد ذرات جامد گل نباشد، متداریش در ابتدا کم است (تقریباً منفی) لیکن با گذشت زمان بصورت پرسته و تصاعدی افزایش میابد و بسیار کثیم و سخت میورد و برای شستن آن فشار کمپ بسیار زیاد لازم است. این نوع GS به دلیل ایجاد مشکلات از قبیل گشنگ گل و swabbing و غیره، مطلوب نیست.

GS ضعیف یا شکننده، برعکس متداریش کم است

در ابتدا کمی زیاد باشد لیکن با گذشت زمان چندان افزایشی در آن پیدا نمیشود. بهین دلیل هم این نوع GS خیلی آسان تر شکسته میورد و مشکلات فوق را ندارد.

در حین عملیات حفاری، سه همین طور که در طبقات زمین نمود میزند، مواد جامد فعال و غیر فعال و نیز مواد آلوده کننده اگر را وارد گل میزند و با این ترتیب VLS یا GS یا هر دو را افزایش میدهد. این افزایش که گاهی تا حدود غیر قابل قبول میرسد، باعث بروز مشکلات از این قبیل میشود:

۱- جریان در آوردن گل از حالت سکون و حفظ گردش آن نیاز به فشار کمپ بسیار زیاد دارد.

۲- در اثر pressure surge، گل گم میورد.

۳- در اثر swabbing، گاز، آب شور و پلمنت باخل چاه نشسته میزند

۴- در اثر entrainment هوا یا گاز در گل، فشار ایدر استاتیک گل کاهش پیدا میکند و این امر منجر است باعث فرار چاه شود.

۵- حمل بیش از حد شن و زراته ای حفاری توسط گل، باعث فرسایش قطعات دستگاهها انتقال گل میورد

۶- فرسودن ابزارهای logging به ته چاه، با اشکال صورت میگیرد (گاهی هم غیر ممکن میورد)

۷- تخصیص شن و ذرات حفاری شده، روی الک لزان مجرب صورت میگیرد.

FUNNEL VISCOSITY , APPARENT VISCOSITY

AV را با گرانروی سیخ دوار و بر حسب CP ، FV را با گرانروی سیخ قیفی (یا قیف مارش) و بر حسب $\frac{sec}{qt}$ (یا اترسیستم متریک باشد بر حسب $\frac{sec}{lit}$) بدست می آورند و باید از نظر مقادیر عددی با هم تفاوت دارند مهندسی از یک نقطه نظر مشترکند: هر دو نوع اندازه گیری "یک بوی" هستند یعنی از روی آنها فقط مقدار ویسکاسیتی عمل را میتوان فهمید. یعنی میتوان فهمید که آیا ویسکاسیتی عمل کم است یا زیاد است یا آیا در range مناسب خود است یا نیست. نه AV و نه FV ، بچگدام قادر نیست که علت یا این بود یا بالا بود ویسکاسیتی عمل را برای شناسایی روشن کند. اگر AV افزایش یابد ، FV هم افزایش نیابد و اگر AV کم شود ، FV هم کم میشود.

AV ، FV ، تابع YP, PV هستند یعنی هرگونه کاهش یا افزایش در YP یا PV و یا هر دو ، منجر به کاهش یا افزایش متناسبی در مقادیر AV ، FV خواهد شد

AV با تغییر عبارتت از ویسکاسیتی یک عمل در $SR = 600 \text{ rpm}$

مدل پاورلا

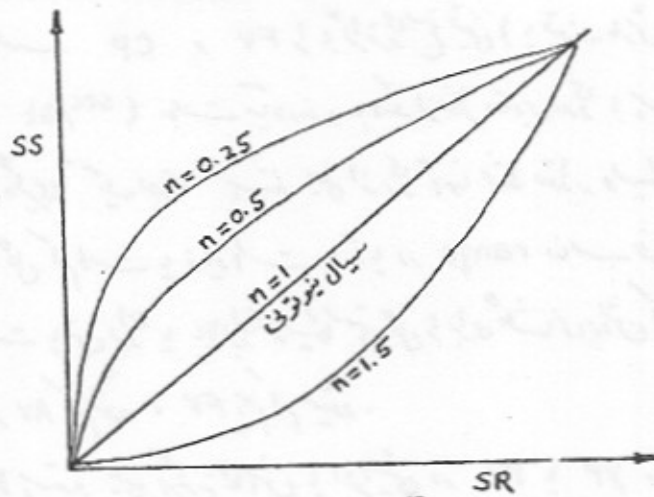
POWER LAW MODEL

از آنجا که تعریف کلاسیک ویسکاسیتی - بنا بر مدل پلاستیک بگلهام - برای توضیح دادن خواص rheologic سیالات غیر نیوتونی کافی منجر نمیشود ، مدل های ریاضی متعدد دیگری در دسترس تا شکل منحنی SS-SR یک سیال را بیان کنند . استفاده از این مدلها مستلزم اندازه گیری SS با دو مقدار SR (یا بیشتر) میباشد . بگلهام این اندازه گیریها میتوان منحنی SS-SR یک سیال را رسم کرد و از روی آن ، مقدار SS را در هر SR دلخواهی پیدا نمود.

یکی از این مدل های ریاضی ، مدل پاورلا (یا مدل توانی) میباشد . این مدل سیال را تعریف میکند که در آن تغییرات SS تابع تغییرات توانی SR است . پس ما در این مدل بصورت زیر خواهیم داشت :

$$SS = k (SR)^n$$

در این معادله ، ضریب k و توان n ، برای یک سیال معین ، ثابت است و مقادیر عددیشان در اثر تغییر ای آن سیال بخصوص را بیان میکند : ضریب k ، نماینده غلظت (یا consistency index) سیال است و نشان میدهد که سیال تا چه حد قابل پمپ شدن میباشد . هر چه k بزرگتر باشد سیال viscous تر است و پمپ کردن آن مشکلتر توان n (یا power index) ، مقدار عددیش ، درجه انحراف سیال را از سیالهای نیوتونی نشان میدهد: هر چه n از یک بیشتر فاصله داشته باشد (کوچکتر باشد یا بزرگتر) ، این انحراف بیشتر است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- سیالات پاور لا

در صورتی که اگر $n=1$ باشد آنگاه معادله شکل زیر در خواهد آمد: $SS = k \cdot (SR)$

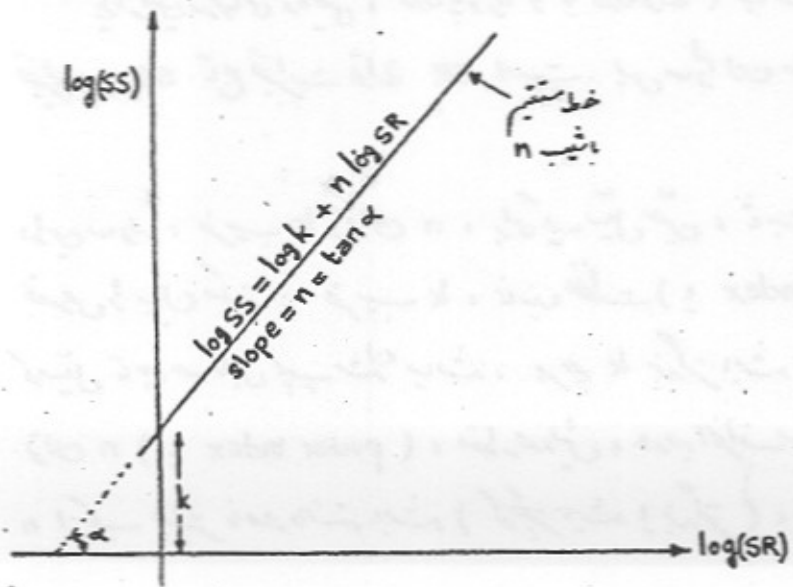
اگر k را از این معادله حساب کنیم، خواهیم داشت:

از طرفی، معادله سیالات نیوتونی بود:

بنابراین k را می‌توان به EV ربط داد و آنرا اینطور تعریف کرد: k ، ویسکاسیتی سیال است در $SR = 1 \text{ sec}^{-1}$

همانطور که در شکل فوق دیده می‌شود، برای $n=1$ سیال، نیوتونی است، یعنی منحنی $SS-SR$ آن، خط مستقیم است و k ، گامش مقدار n ، سیال بصورت تصاعدی shear thin می‌شود یعنی منحنی $SS-SR$ آن بیشتر و بیشتر انحناء پیدا میکند و هرچه که این انحناء زیادتر شود میزان گامش EV در اثر افزایش SR ، زیادتر می‌شود. در نتیجه می‌گویند که سیال بیشتر shear thin شده است.

محاسبه n و k بر روش ریاضی Mathematical Determination of n and k Factor



برای محاسبه n و k بر روش ریاضی، ابتدا از طرفین معادله پاور لا، لگاریتم بگیریم:

$$SS = k (SR)^n$$

$$\log(SS) = \log k + n \log(SR)$$

بازاء دو مقدار SR (مثلاً ω_1 و ω_2 بر حسب

rpm)، دو مقدار برای SS (مثلاً θ_1 و θ_2 بر

حسب dod یا درجه انحراف) فرض می‌کنیم

این data را در جدول فوق قرار می‌دهیم. خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \log \theta_1 = \log k + n \log \omega_1 \\ \log \theta_2 = \log k + n \log \omega_2 \end{cases}$$

در دستگاه مدارات فوق، k ، n مجهولند. حل همزمان این مدارات منجر به پاسخی برای آنها خواهد شد. بشرح زیر:

$$n = \frac{\log \frac{\theta_1}{\theta_2}}{\log \frac{\omega_1}{\omega_2}}$$

$$k = \frac{\theta_1}{\omega_1^n} = \frac{\theta_2}{\omega_2^n}, \frac{\text{dod}}{(\text{rpm})^n}$$

k را می‌توان بر حسب واحدگیری نیز بیان کرد:

$$\begin{aligned} k = \frac{\theta}{\omega^n}, \frac{\text{dod}}{(\text{rpm})^n} &= \frac{\theta \times 1.067}{(1.703 \omega)^n}, \frac{\frac{1 \text{ lb}}{100 \text{ ft}^2}}{(\text{sec}^{-1})^n} = \frac{\theta \times 1.067}{(1.703 \omega)^n}, \frac{1 \text{ lb sec}}{100 \text{ ft}^2} \cdot \text{sec}^{n-1} \\ &= \frac{\theta \times 1.067}{(1.703 \omega)^n} \times 479.2 \text{ cps} \cdot \text{sec}^{n-1} = \frac{511 \theta}{(1.703 \omega)^n}, \text{ cps} \cdot \text{sec}^{n-1} \end{aligned}$$

$$k = \frac{511 \theta_1}{(1.703 \omega_1)^n} = \frac{511 \theta_2}{(1.703 \omega_2)^n}, \text{ cps} \cdot \text{sec}^{n-1} \quad \text{پس:}$$

در حالت ویژه که $n=1$ باشد (یعنی سیال، نیروی بشت) واحد k بشود سانتی پوز

این فرض کنیم درجه سبب فوق، تأثیر عددی زیر را داریم:

$$\omega_1 = 600 \text{ rpm}$$

$$\omega_2 = 300 \text{ rpm}$$

اگر بازه این دو مدار SR، تأثیر SS ترتیب باشد: $\theta_1 = \theta_{r_1}$ ، $\theta_2 = \theta_{r_2}$ ، آنگاه حالت خاصی از

مدارات فوق بدست خواهد آمد بشرح زیر:

$$n = \frac{\log \frac{\theta_{r_1}}{\theta_{r_2}}}{0.30103}$$

$$k = \frac{\theta_{r_1}}{(300)^n} = \frac{\theta_{r_2}}{(600)^n}, \frac{\text{dod}}{(\text{rpm})^n}$$

$$k = \frac{511 \theta_{r_1}}{(511)^n} = \frac{511 \theta_{r_2}}{(1022)^n}, \text{ cps} \cdot \text{sec}^{n-1}$$

محاسبه n و k بر روش ترکیبی

برای محاسبه n و k یک سیال بر روش ترکیبی، ابتدا با استفاده از یک viscometer شش سرعتی، اندازه SS سیال را در هر یک از سرعتهای دستگاه (SR) بدست می آوریم. بین ترتیب بازا شش rpm مختلف، شش dial reading داریم. آنگاه بگفتیم:

$$\mu_e = 300 \times \frac{\text{dial reading}}{\text{rpm}}$$

اندازه EV سیال را در هر یک از سرعتها حساب میکنیم. این اطلاعات را مطابق شکل ۲، بر روی یک کاغذ لگاریتمی منتقل میکنیم. توجه کنید که باید سه قطعه خط مستقیم بدست آید که هر کدام از آنها دو نقطه از شش نقطه فوق را بهم وصل کند. با بررسی یک چنین شیخ - که کمترین نمونه ای است از یک معنی SS-SR رسم شده روی کاغذ لگاریتمی - نمیتوانیم رابطه n و k را با رفتار سیال بخوبی نشان دهیم بلکه یک راه حل ترکیبی ساده نیز برای تعیین n و k و نقش هر کدام را در رفتار سیال پیدا کرده ایم.

خط d که viscosity curve یک سیال نیوتونی است و برای تهیه رسم شده است، شیبش صاف است یعنی ویسکاسیتی سیال مربوطه اش مستقل از SR است و حال آنکه هر سه قطعه خط a , b , c - که رفتار سیال را ترتیب در SR های زیاد، متوسط و کم شرح میدهند - شیب دارند و این نشان میدهد که سیال مربوطه آنها shear thinning است یعنی معنی SS-SR آن روی نقصات کمترین انحنا دارد و ویسکاسیتی آن بستگی دارد به SR. ضمناً شیب هر قطعه خط مخصوص خودش است و با شیب دو قطعه خط دیگر فرق دارد. هم چنین استاندارد هر قطعه خط با محور عمودی یک مثل تلافی دارد که مخصوص خودش است و با مثل تلافی استاندارد دیگر قطعه خط دیگر با محور عمودی فرق میکند. بین ترتیب روی این شکل سه مقدار برای n و سه مقدار برای k وجود دارد. مقدار شیب هر قطعه خط نشان دهنده اندازه n و مثل تلافی استاندارد هر قطعه خط با محور عمودی (یعنی محور $SR = sec^{-1} = 1.703 \text{ rpm}$) نشان دهنده اندازه ضریب k میباشد.

اگر این شش نقطه را بجای آنکه بصورت سه قطعه خط رسم کنیم، بصورت یک معنی رسم بگیریم، آنگاه برای n و k بجای سه مقدار، بنهایت مقدار وجود میمانند زیرا در هر SR بتوانیم باسی بر معنی EV سیال رسم کنیم که شیب آن مقدار n و مثل تلافی آن با محور عمودی مقدار k را نشان دهد (روش ترکیبی باقی n و k).

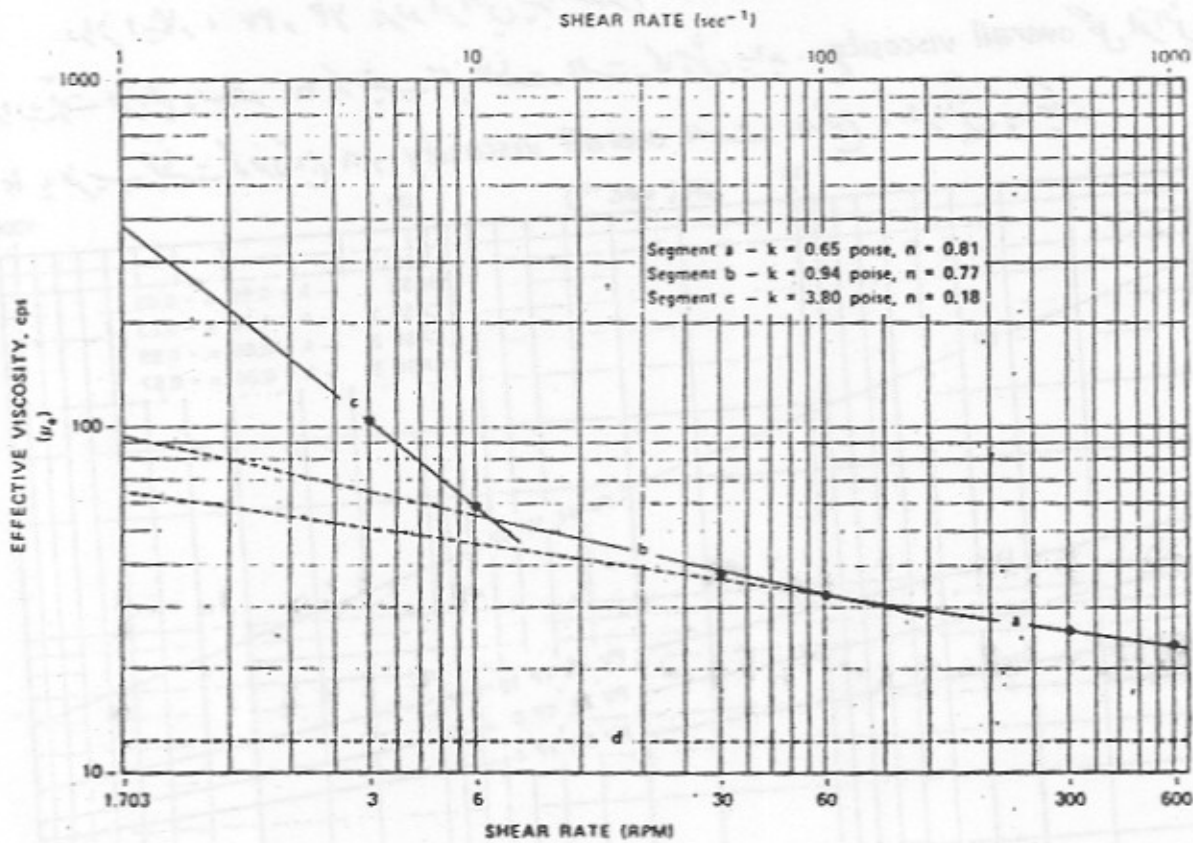
n و k فقط وقتی ارتباط واقعی دارند که خود در رابطه با یک SR ویژه باشند. کین اگر viscosity curve سیالی بدست تعداد معینی اندازه گیری رسم و شرح داده شده باشد، n و k نیز بدست قطعه خطهای توالی میشوند که خود آن قطعه خط با بگفتیم اندازه گیری های فوق رسم شده اند.

SR مثل را میتوان مربوط به سرعت حرارت آن در ضمنهای مختلف سیرش دانست و چون هر قسمت از سیرگیل از نظر هندسی شکل خاص خود را دارد، بنابراین باید نشانگر ثابت، اندازه SR در هر قسمت از سیرگیل با سایر قسمتها

فرق میکنند. بطور کلی range متوسط SR در دستگاه گردش گل از هزار زیر است :

قسمتهای دستگاه گردش گل	SR (sec ⁻¹)
MUD TANKS	1-5
DRILL PIPES	100-500
DRILL COLLARS	700-3000
BIT NOZZLES	10000-100000
ANNULUS	10-500

گفتاس در محاسبات خود بیشتر با اندازه های n و k در annulus مورد نیاز دارد چون این اندازه ها هستند که overall viscosity گل را مشخص میکنند. از این رو آنها در محاسبه افت فشار در annulus و در تعیین نوع flow و سرعت حثاری و ویژگی های گل از نظر لطافت چاه، مستقیماً دخالت دارند.



شکل ۲۰- ترسیم منحنی EV با استفاده از شش دسته data

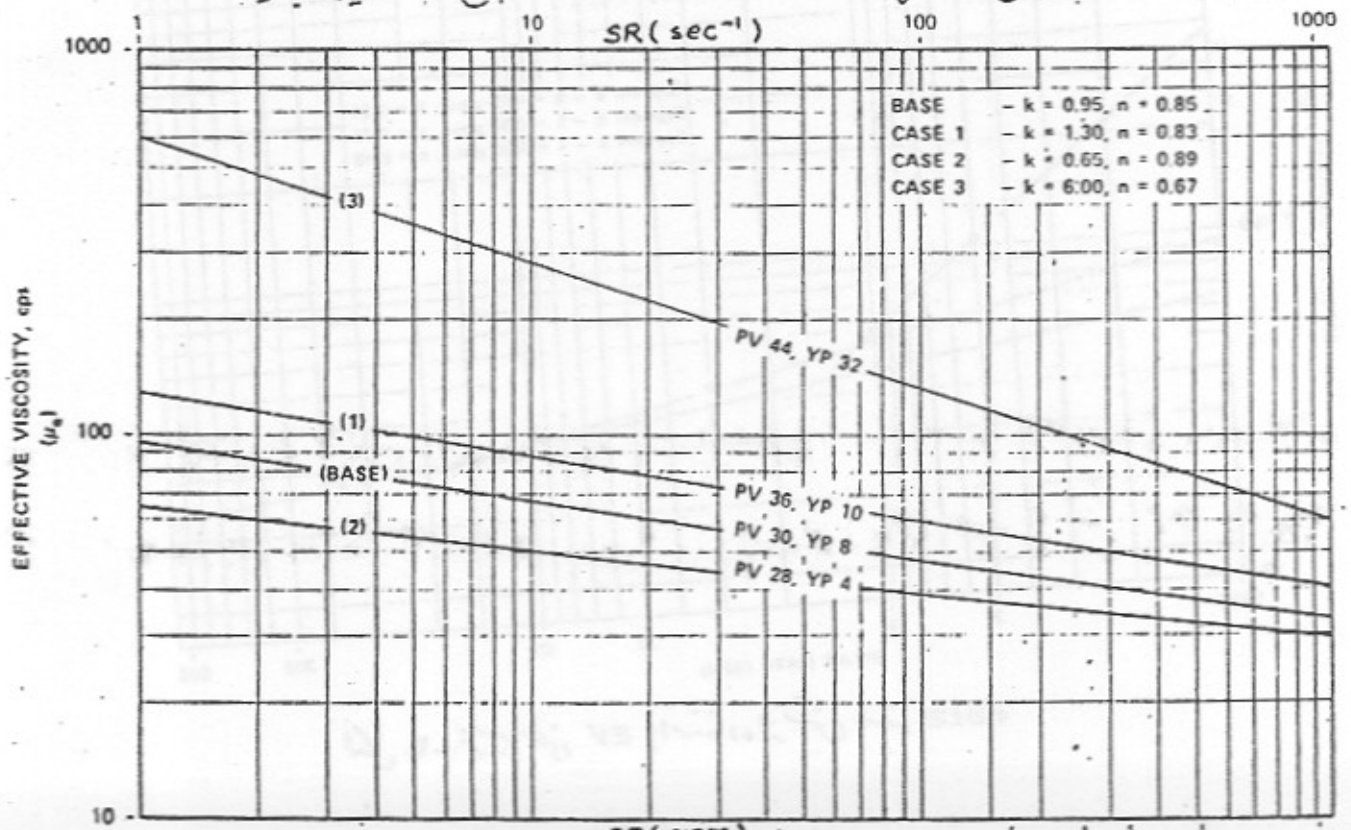
رابطه YP, PV با k, n

YP و PV بر دوری فریب k اثر میگذارند. این مطلب در شکل ۲۱ نشان داده شده است. ابتدا یک $base\ mud$ یا گل پایه ساخته و YP و PV آنرا اندازه گیری کرده ایم. با جابجایی k, n این گل، $viscosity\ curve$ (یعنی منحنی غلظت) آنرا کم کردیم تا غلظت آن را به حالتی خط مستقیم خواهیم رساند. این عمل با تغییر در درصد حالت بر روی گل انجام میگیرد.

حالت اول. $solids\ content$ (یا درصد جامدات) گل پایه را افزایش میدهم. در اثر اینکار، بزرگی اصطکاک ناشی از برخورد ذرات جامد گل میگردد، افزایش مییابد و PV را زیاد میکند لیکن YP فقط کمی بالا میرود (چرا؟) یعنی غلظت گل جدید، یعنی غلظت گل پایه تقریباً موازی است. بنابراین در اندازه n تغییر اندک حاصل شده است اما $overall\ viscosity$ افزایش یافته بنابراین مقدار عددی k زیاد میشود.

حالت دوم. در درصد جامدات گل پایه را کاهش میدهم (بروش نصیبه) در اثر اینکار، PV کاهش مییابد. همین طور هم YP . مثل حالت قبل، یعنی غلظت گل جدید، یعنی غلظت گل پایه تقریباً موازی است بنابراین در این حالت هم در اندازه n تغییر اندک حاصل شده است. اما چون $overall\ viscosity$ گل کاهش یافته است (به دلیل کاهش درصد جامدات) بنابراین مقدار عددی k کم میشود. حالت سوم. درصد جامدات گل پایه را افزایش میدهم و گل را به یون کلرید آلومینه میزنیم.

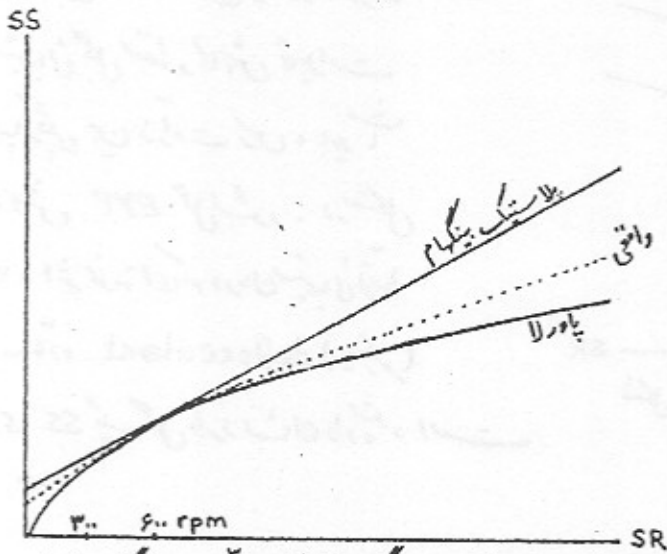
در اثر اینکار، YP و PV هر دو افزایش پیدا میکنند و $flocculation$ گل که حاصل آلومینه است نسبت $\frac{YP}{PV}$ را بیشتر افزایش میدهد. n که شیب منحنی غلظت است کاهش مییابد. $overall\ viscosity$ گل افزایش یافته و k یا فریب غلظت که خود تابع n ، $overall\ viscosity$ است در مجموع، افزایش پیدا میکند.



شکل ۲۱ - رابطه YP, PV با k, n

نتیجه گیری

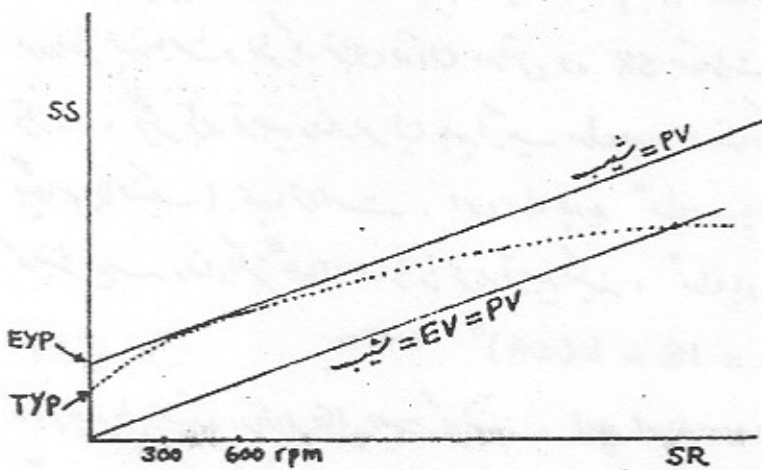
این مدل‌های ریاضی، معمولاً سیال‌ها را حقیقی و لایه‌ها را کامل تعریف نمیکنند و صرفاً خواص آنها را در یک range بین SR و SR با آنهم بصورت تریب شرح میدهند. در شکل ۲۲، شالهای از منحنی SS-SR مدل پاورلا و مدل پلاستیک بنگهام آورده شده و هم در این شکل بصورت انجام مقایسه، منحنی SS-SR واقعی یک گل نیز که میتواند بیشتر نشاندهنده رفتار گل و غیرت SS آن باشد رسم شده است.



شکل ۲۲- مقایسه رولوگرام واقعی یک سیال با رولوگرام مدل‌های پاورلا و پلاستیک بنگهام

بطور کلی میتوان گفت که SS های که بوسیله مدل پلاستیک بنگهام پیش بینی میشوند - چه در محدوده SR های بالا باشند و چه در محدوده SR های پایین - از نظر اندازه بسیار بزرگتر از مقادیر واقعی خود هستند و حال آنکه SS های که بوسیله مدل پاورلا در این محدوده ها پیش بینی میشوند، اگر چه از نظر اندازه از مقادیر واقعی خود کمتر هستند لیکن انحرافات (از مقدار واقعی) کمتر از انحراف SS های پیش بینی شده توسط مدل پلاستیک بنگهام میباشد.

در SR های زیاد PV واقعات آن دهنده EV است. در شکل ۲۳، اگر از مبدا انحنایات دیگرام

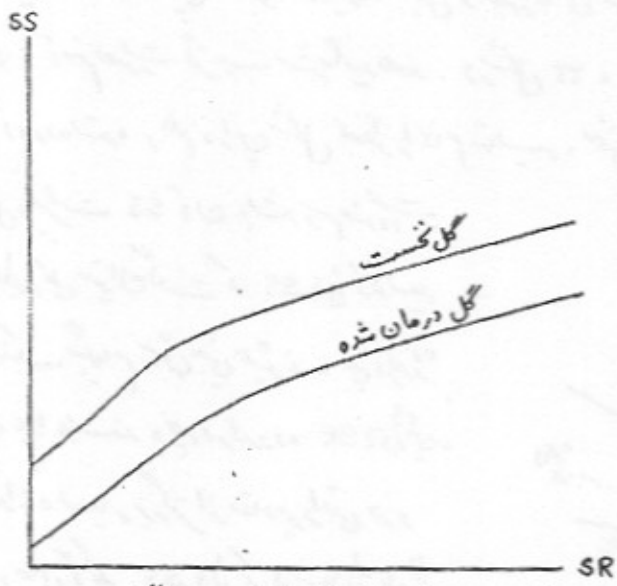


شکل ۲۳- رابطه PV، TYP

SS-SR، خطی بوزرات خط پلاستیک بنگهام رسم کنیم، این خط منحنی واقعی SS-SR گل را در نقطه ای با SR زیاد قطع میکند. شیب این خط عبارتست از $E1'$ گل، در SR ی که خط، منحنی واقعی رفتار سیال را آنجا قطع کرده است و البته مساویست با شیب خط پلاستیک بنگهام (معنی مساویست با PV). این بدان معنی است که همان عواملی که روی EV یک گل در SR های زیاد

زیاد اثر میگذارند، فقط همان عوامل هستند که روی PV گل هم اثر میگذارند. شواهد چون جاذبه های الکتریکی بین ذرات حامله گل (electrical interactions) در SR های زیاد روی EV آن اثر عمده ای ندارد بنابراین روی PV هم اثر عمده ای نخواهد داشت. بعبارت دیگر، در مان سیمانی گل نقطه کاهش نیولات یک پارگی بین ذرات رس نباید باعث کاهش PV آن بشود.

EYP می باشد، TYP گل نیست بلکه قدری از آن بزرگتر است و تغییراتش تابع تغییرات آن می باشد.



شکل ۲۴- اثر درمان شیمیایی روی SS گل

یعنی هر عاملی که باعث افزایش یا کاهش TYP و ویسکاسیته گل در SR می کند باشد، همان عامل هم باعث افزایش یا کاهش EYP می شود. در آن شبیهی گل منظور کاهش تغییرات یک پارگی بین ذرات رس، باید باشد. کاهش EYP گل بشود. در شکل ۲۴، اثر نمونه ای که درمان شیمیایی توسط یک ماده deflocculant (یا نیز) روی SS یک گل دارد نشان داده شده است.

مدل سه پالامتری

اگر بخواهیم رفتار جریان (یا flow behaviour) را فقط در range کوچکی از SR بدانیم، می توان اندازه گیری ای خود را در وسط range مورد نظر انجام داد و SS را در آن نقطه پیدا نمود و از روی آن SS بقیه نقاط range را استفاده از یکی از مدل های پاورلا و یا پلاستیک بگلام، با دقت خوب و قابل قبولی پیش بینی کرد. کین اگر range مورد نظر بلند باشد بطوریکه بتوان در آن حداقل ده SR متفاوت انتخاب و سیال را از نظر SS در آنها مورد آزمایش قرار داد، دیگر برای توضیح رفتار جریان باید از یک مدل جدید استفاده کنیم که از مدل های دو پارامتری یاد شده (یعنی پاورلا و بگلام پلاستیک) پیچیده تر است. این مدل جدید "مدل سه پارامتری" نام دارد. یکی از این مدل های سه پارامتری که بنظر می رسد رفتار اکثر گلهای حفراتی را خوب توضیح می کند، "مدل پاورلا با γ_s " می باشد که ساده آن بصورت زیر است:

$$SS = IG + k(SR)^n$$

که IG در آن اصطلاح IG است که مخفف initial gel بوده و عبارتست از حداقل نیرو که برای حرکت دراز و سیال از حالت سکون لازم است. از آنجا که در این مدل سه پارامتری وجود دارد، برای ارزیابی آنها احتیاج به سه دسته data داریم: dial reading بزرگ و 500 rpm ، 200 rpm ، و IG (یعنی initial gel). جداولی که در ادامه می بینید پس:

$$k = \frac{\theta_{r_1} - IG}{(300)^n} \quad , \quad n = \frac{1}{0.30103} \log \frac{\theta_{r_1} - IG}{\theta_{r_2} - IG}$$

$$SS = IG + \frac{\theta_{r_1} - IG}{(300)^n} \times (SR)^n$$

و ساده فوق خواهد شد:

وقار تیکسوتراپیک گلهای حفاری

بعضی از سیالات چنین اند که اگر مدتی مجال خود گذاشته شوند، با بفت بتدریج قلم و سخت می‌شود. این بافت سخت یا نیمه سخت (rigid or semirigid) برگشتنی است یعنی می‌توان آنرا با هم زدن و یا تکان دادن شکست و سیال را دوباره به حالت اول خود برگرداند.

تیکسوتراپیه عبارتست از توانایی یک سیال در ایجاد GS (یا بافت ژله‌ای) با گذشت زمان و سیالی که این توانایی را داشته باشد تیکسوتراپیک نامیده می‌شود. بسیاری از گلهای حفاری آبه تیکسوتراپیک هستند یعنی اگر گردش گل برای مدتی در سیستم قطع شود، در عرض همین مدت، گل بافتی ژله‌ای در قلم پیدا میکند بطوریکه برای شروع گردش مجدد آن در سیستم با بیش از یکبار زیادتری راحت شدن قوام گل اعمال نمود.

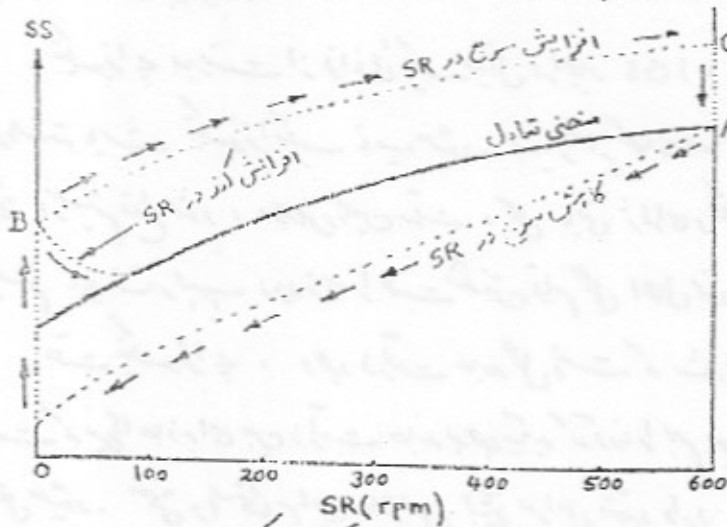
علت تیکسوتراپیه، وجود ذرات جامد گل است که شارژ الکتریکی دارند. در اثر وجود همین شارژهای الکتریکی است که نیروی جاذبه‌ای بین ذرات جامد بوجود می‌آید که آنها را بهم پیوند زده و باعث پدیدایش یک ماتریس سخت و قلم در گل می‌شود. سختی و استحکام این ماتریس بستگی به عوامل متعدد دارد از جمله زمان، درجه حرارت، درمناهی سببانی، مقدار و نوع ذرات جامد معلق در گل. بکلام دیگر، هر عاملی که باعث برستن این ذرات بکدیگر (و یا گسستن آنها از هم بشود) همان عامل باعث افزایش استحکام و سختی بافت ژله‌ای گل (و یا کاهش آن) میگردد.

تیکسوتراپیه، به گل حافظه‌ای میدهد که سوابق خود را در آن نگهدارند و چون این سوابق روی وقت اندازه‌گیریها که بعداً از خواص rheologic گل به عمل می‌آید (ش. PV, YP) اثر میگذارد، لهذا باید بان توجه شود. اگر عملی برای مدتی مجال خود گذاشته شده باشد و بعد بخواهید برسید دستگاه VG meter، SS آنرا در یک SR معین (مثلاً ۶۰۰ rpm) اندازه‌گیری کنید، برای آنکه گل در این SR معین بتواند به یک SS واقعی و متعادل برسد، بسته به درجه ژله‌ای بودن آن، مدتی وقت لازم است تا تمام پیوندهای بین ذرات جامد گل که می‌توانند در این SR شکسته شوند، فرصت شکسته شدن را پیدا کنند در غیر این صورت SS اندازه‌گیری شده بیشتر از مقدار واقعی و متعادل رسیده خود خواهد شد. بعد از آنکه SS گل را در ۶۰۰ rpm اندازه‌گیری کردید، اگر SR را تا همان ۲۰۰ rpm تغییر دهید، ابتدا dial reading (که افزایش میزاج است برای اندازه‌گیری SS)، انحرافی کمتر از مقدار واقعی را نشان میدهد یعنی رفته رفته سنجش افزایش پیدا کرده تا بیک حد متعادل میرسد. علت این امر آنستکه گل در آغاز وضعیت جدید (یعنی وضعیت ۲۰۰ rpm) همچنان سوابق خود را از نظر SS و گسستگی پیوندهای بین ذراتش در وضعیت قبلی (یعنی وضعیت ۶۰۰ rpm) بخاطر دارد و قبل از آنکه در ۲۰۰ rpm بیک SS واقعی و متعادل برسد مدتی وقت لازم است تا برخی از پیوندهای موجود در گل که قبلاً شکسته شده بودند و این SR تغییر داده شده می‌توانند مجدداً تشکیل شوند، تشکیل شوند.

اولین سنجش را که برای SS در یک rpm جدید می‌توانید بکنی دارد. SS آن گل در وضعیت قبلی و بلاضرب خود اگر IGS بلافاصله بعد از آنکه گل تحت SR سارل ۶۰۰ rpm قرار داده شده است اندازه‌گیری شود، مقدار

dial reading (یا الخراف عتره) که از مقدار واقعی IGs کمی کمتر باشد. این IGs را معمولاً در صورت اندازه‌گیری می‌کنند، همین دلیل است.

چون فنیل، بنت ژله‌ای گل در هم چنین فنیشن آن تابع زمان است، روی گراف SS-SR برای رفتن از یک



شکل ۲۵ - رفتار تکسوتراپیک

SR به SR دیگر، سیرهای گوناگون را دنبال می‌کند. این موضوع در شکل ۲۵ نشان داده شده است. منحنی سیاه پر، رابطه SS را با SR در حالت تعادل مشخص می‌کند. اگر از نقطه A که نقطه تعادل SS و SR در ۶۰۰ rpm است شروع کنیم و SR را ناگهان به مغز بزنیم (یعنی viscometer را خاموش کنیم)، SS روی سیر منحنی شکلی که تمام نقاط

آن زیر منحنی تعادل (یا equilibrium curve) قرار دارد کاهش خواهد یافت. اگر در این حالت به سرعت برگردیم، گل ظرف این مدت تمام خواهد یافت (یعنی GS پیدا خواهد کرد) و به‌تازگی آن شامب با زمان فوق ژله‌ای دگم می‌شود تا به نقطه B برسد (مثلاً اگر ده دقیقه صبر کرده باشیم نقطه B را نقطه GS 10 minutes بگیریم). اگر از این نقطه، SR را ناگهان تا ۶۰۰ rpm افزایش دهیم، تغییرات SS (یعنی افزایش آن) در یک سیر منحنی شکلی از B به C خواهد بود که تمام نقاط آن بالای منحنی تعادل قرار دارد (اگر قرار بود این وضعیت در یک سیستم گردش گل بوجود آید، پمپ فشاری زیادی را جهت گردش گل باید تولید می‌کردند)

بالاخره با گذشت زمان SS از نقطه C به نقطه تعادل خود، A کاهش خواهد یافت. اگر بعد از آنکه گل تمام یافت و به نقطه B رسید، SR را با برای افزایش می‌داریم، SS ابتدا کاهش می‌یابد تا به منحنی تعادل برسد و بعد روی آن راه خود را بگیرد. نقطه A طی می‌کند. در یک سیستم گردش گل، این سیر رفت‌وآمدی حد اقل فشاری است که به پمپ وارد می‌شود تا گل را از نقطه B به نقطه A برساند.

تینرها و اصول دانه‌های شیمیایی

به‌طور کلی قوت بهم گفتمند گرانروی گهای حفای آبی، ناشی از وجود نیروهای electrical و frictional در درون گگل میباشد. این نیروها خود، نیز بسبب دارنده خصویات مراد زنده و تشکیل دهنده گل:

۱- ویسکاسیتی فائز مایع گگل

۲- تعداد دانه‌ها در ذرات جامد گگل

عوامل تعیین کننده optimum viscosity گگل عبارتند از: ابزار حفای، اندازه چاه و عمق آن، نوع سازنده، میدانی که حفای در آن صورت میگردد، بالاخره تجربه مائی که در حین آزمایشات، با آن دربر میگیریم. در حین حفای و با پیوستن آن، ذرات جامد مرتباً وارد گگل میشوند. اگر این ذرات هر چه زودتر از محیط مایع خارج نشوند، بناچار در زیر مرتب آسباب شده و به ذرات نرم تر در زیرتری تبدیل میگرددند که خود باعث افزایش viscosity گگل میشوند. حفای زمینهای گوناگون نیز viscosity گگل را افزایش میدهد. استفاده هوشمندانه از دستگاه VG meter، گکناس را قادر میسازد که علت تغییرات viscosity و داروی مناسب جهت کنترل آنرا سریباً معلوم کند. اگر viscosity گگل در اثر افزایش در صد ذرات جامد گگل بالا رفته باشد میتوان آنرا بوسیله آب پاشن آورد لیکن اگر دلیل abnormal بود ویسکاسیتی، بالابودن γP است آب دیگر چندان مترون بصرفه نیست. در عوض کمی کالهای معدنی و آله مستعدی وجود دارد که میسازند بطور مؤثر γP گگل را پائین آورند. اگر باید آورید که گکنیم برای افزایش PV گگل ویسکاسیتی به گگل ذرات جامد افزودن آنگاه نیز باید خواهی آورد که گکنیم برای کاهش آن باید غلظت این ذرات را بوسیله dilution و یا بوسیله دستگاه تصفیه گگل کاهش داد. در اینجا هم چنین گکنیم که اگر لازم شود که γP یک گگل حفای آبی را افزایش دهیم، با افزودن ذرات جامد فعال مثل بنتونایت، و یا با افزودن الکترولیتها میتوانیم اینکار را انجام دهیم بنا بر این برای کاهش γP بهترین از یک تینر مناسب آن گگل استفاده کرد.

ویسکاسیتی دوغاهای آب-رسی، ناشی از دو عامل: نیروی جاذبه بین ذرات گگل و تبلور گگاهی رسی در آب است چنین تصور میشود که تأثیر عمده ای که تینرها یا مواد شیمیایی کاهش دهنده ویسکاسیتی، روی ویسکاسیتی گگل میگذرانند عبارت باشد از خنثی کردن باقی مانده ظرفیت های پیوند های شکسته موجود در گگل. عبارت دیگر، کاهش این تأثیر عمده منحصر به کاهش نیروی جاذبه بین ذرات رس است و گرنه این مواد روی ویسکاسیتی ناشی از تبلور گگاهی رسی محسوساً اثری نمیگذارند. تینرها بر روی لبه های ذرات سینی شکل رس adsorb میشوند تا ظرفیت های پیوند های شکسته را خنثی کنند. این adsorption، موازنه نیروی موجود روی ذرات رس را بهم زدن و آرنارالز "جاذبه" به "دافعه" تبدیل میکنند. در نتیجه، ذرات بعضی اینکه بیکدیگر بچسبند، همگی را ازین میکنند. در دست کم از چسبیدن بهم بزرگ میکنند. کاهش نیروی بین ذره ای (interparticle forces) توسط تینرها، همچنین باعث کاهش

GS گل میسود.

بنابراین هر چند درود پیوسته و دائمی کفزه ۲ در ذرات جامد ناموجود است، مگر با بارهای کاتیون AV گل از طریق رزین کردن آن بوسیله آب میساید با اینهمه، تیزتر و بزرگتر آنکه بارهای نامند به کار بریز آب زیاد جهت رزین کردن گل و کاتایش AV آن بکند، خود مستقلاً می‌توانند AV گل را کاتایش دهند. از اینجا می‌توان فهمید که برای داشتن خواص rheologic رضایت بخش در گل، بین مقدار آب لازم و مقدار تیزناسی باید یک optimization برقرار کرد.

تاکنون مواد لوناگونی موزان chemical thinner (یا تیزسیمیایی) در گهای حفاری مصرف شده که درجه موفقیت آنها بسته به نوع خاک، فرق داشته است. رایجترین تیزسانی که امروزه در گهای حفاری آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند بدورسته تقسیم می‌شوند: تیزهای معدنی و تیزهای آلی. هر دسته برای نمود کار برداد محدودیت آلی دارد. این مواد، γP گهای حفاری را از طریق یک یا چند مکانیزم از مکانیزم های زیر پایش می‌آورند:

- ۱- جدا کردن زمینه ها از طریق راسب کردن آنها
- ۲- کاهش تاثیرات زمینه ها روی خواص گل
- ۳- جانشین کردن لونهای مساعد بجای لونهای نامساعد روی ذرات رس
- ۴- ایجاد یک غشاء محافظ در اطراف ذرات رس

تیزهای معدنی - معروفترین تیزهای معدنی، فسفات کربنات هستند. این مواد معمولاً در گهای بتونامی بکار می‌روند و با غلظت ها اندک، ذوق ماده مؤثر هستند. فسفات خود بتونامی FL گل را کمتر نمیکند مگر dispersive action (یا اثر پخش کنندگی) آنها روی aggregate های رس - بویژه در حضور اندک hardness - سبب کاهش rate of filtration می‌شود. چهار نوع فسفات کربنات در گهای حفاری مورد استفاده وسیع داشته اند:

- | | |
|---|-----------|
| 1- SAPP یا Sodium Acid Pyrophosphate ($Na_2H_2P_2O_7$) | pH = 4.8 |
| 2- SHMP یا Sodium Hexametaphosphate ($Na_6P_6O_{18}$) | pH = 6.8 |
| 3- STP یا Sodium Tetrakisphosphate ($Na_4P_4O_{13}$) | pH = 8.0 |
| 4- TSPP یا Tetra Sodium Pyrophosphate ($Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$) | pH = 10.0 |

از میان این چهار نوع فسفات، SAPP و STP بیشتر از دو نوع دیگر مصرف می‌شوند و STP به دلیل داشتن یک pH متعادل هنوز بر SAPP برتری دارد.

SAPP و STP برآینده گرای بر قدرتی هستند که مقدار بسیار اندک آنها میتواند حد اکثر کاهش را در دیسکالسیته بوجود آورد. در مورد سموله در مان، میزان مصرفشان بندرت از 0.2 PPB تجاوز میکند. این بدان معنی است که برای حد اکثر در مان یک سیستم گل بحجم ۱۰۰۰ بشکه، فقط 200 PPT از هر یک از این مواد کافی خواهد بود نسبتاً. اما میزان مستقیماً از طریق mud hopper و یا با استفاده از chemical barrel به سیستم افزود. چنانچه آنها را از طریق chemical barrel به سیستم میافزایند، تقریباً ۵۰ پوند فسفات را با یک بشکه آب mix کرده و کلول حاصل را در عرض یک circulation کامل، بطور یکناخت، مستقیماً به گل میافزایند. فسفات که امروزه به گهای low pH افزوده میشوند، میتوانند VIS را به در روش کاهش دهند: روش اول: خنثی کردن نیزوهای جاذبه بین ذرات جامد گل از طریق adsorb شدن بر سطوح آنها. روش دوم: sequester کردن کلیم و منیزیم (X)

فسفاتها به دلیل توانایی شان در جدا کردن کلیم، بعنوان داروئی عالی در معالجه در در مان گهای آلوده به سیسما بسیار مفید و قابل استفاده هستند. در معالجات گل، فسفاتها بندرت بکار برده میشوند. معمولاً سود سوز آور و یک تیزر آبی را به منظور افزایش سطح کارائی شان همراه آنها میکنند. اگر SAPP تنهائی و بشکلی ستر بکار برده شود، گل حالت اسیدی پیدا میکند و این از دو نظر بد است: یک اینکه میزان corrosion دستگاههای انتقال گل زیاد میشود و دیگر اینکه viscosity گل افزایش پیدا میکند. لیکن STP (با نام تجاری Magcophos، ساخت مالو بار) به گونه که ذکر شد، به دلیل داشتن یک pH متعادله، از بقیه فسفاتها بیشتر کاربرد دارد.

استفاده از فسفاتها در معالجات گل، محدودیت ایئی نیز دارد: فسفاتها تحت درجه حرارتهای زیاد رانند. اگر دمای گل از ۱۷۵°F زیاد تجاوز کند، فسفاتها تبدیل میشوند به اورتو فسفاتها و در این تمام دیگر نه تنها dispersant نیستند بلکه flocculant هم میشوند. البته مادام که هدف از استفاده از فسفاتها، sequestration یا جدا کردن کلیم باشد، این تغییر کیفیت اشکالی ایجاد نمیکند زیرا اورتو فسفاتها هم مثل فسفاتها توانائی sequester کردن کلیم را دارند لیکن از نقطه نظر کاهش دادن به viscosity، کم اثرند. فسفاتها هم چنین، در غلظت های زیاد نمک کارائی خوبی ندارند. اگر آلودگی گل به نمک زیاد باشد (بیش از 5000 ppm Cl) فسفاتها دیگر تیزر ای خوبی نخواهند بود و این به دلیل اثر flocculating شدید نمک است. اگر آلودگی گل از نوع hardness باشد (یعنی گل آلوده به یونهای Ca, Mg یا هر دو شده باشد) آنگاه ترکیبات پیچیده ای از یونهای یونهای ملزی فرق و یا اورتو فسفاتهای نامحلول آنها تشکیل خواهد شد. این ترکیبات اگرچه یونهای آلوده کننده را دفع خواهند کرد لیکن کارائی فسفاتها را جزو آن تیزر نیز محدود میکنند.

(X) Sequestration یعنی ایجاد یک کمپلکس پایدار از Ca, Mg و Fe از طریق افزودن فسفاتهای کلیم به آب با غلیظی که نموی این یونهاست.

قبلاً گفتیم که viscosity یک گل آب - سی تا پنج pH گل است (معموم ۵۰). در مورد گلهای حفاری فساته، محدود مناسب برای pH یک گل ، ۸ تا ۹٫۵ است . اگر pH گل در اثر استفاده پر بسته از فساتهای اسیدی ، به کمتر از ۸ کاهش یابد ، رگشاه گل thick خواهد شد و در صورتیکه pH گل در اثر استفاده از مواد قلیایی ، بیشتر از ۱۰ شود آلودگی فساتهای که بعنوان تیز در گل معرفی شده اند بازدهی خوبی نخواهند داشت . بهمانگونه که ذکر شد ، فساتها که بعنوان تیز بطور پر بسته در گل مصرف میشوند ممکن است روی aggregate های رس اثر پراکنده گری داشته باشند در این صورت باید توجه بود که آنها (یعنی فساتها) پس از آنکه یک کاهش ابتدائی در viscosity گل بوجود خواهند آورد سبب افزایش بعدی آن نیز میشوند .

تیزهای آلی - تیزهای معدنی - بقولت محدودیت آلی که دارند منفردهای مختلفی (آب شیرین) قابل استفاده اند ، اینگونه گلهای آنها در جاهای کم عمق و نیمه عمیق که BHT آنها کم است میتوان بکار برد و حال آنکه تیزهای آلی در تمام شرایط فساتها ، این محدودیت ندارند و میدان کاربردشان وسیع تر است . تیزهای آلی به گروه تقسیم میشوند : tannin های گیاهی ، lignin های اسید هیومیک و lignosulfonate .

چهار شرکت بزرگ و معروف سازنده مواد شیمیایی گلهای حفاری - ماکو بار ، اکیلو ، باروید و سیگم - هر کدام چندین نمونه تیز ساخته اند که نامهای آنها و بعضاً حتی سازندگان آنها نیز در زیر خود شرکتهاست . اگر چه این محصولات شبیه غالباً دارای ماده خام و اولیه واحد هستند لیکن چون از ساخت مختلف تهیه میشوند و processing آنها هم با هم اندک فرق میکنند در نتیجه از نظر کیفیت نیز - بویژه در عمل - تفاوتی در آنها دیده شده است . بهترین این تیزها را در جدول زیر آورده ایم :

	سیگم	باروید	اکیلو	ماکو بار	تیزهای
Tannins	TANCO	quebracho(90-۱۰)	IMC QBT	MC-Quebracho	
	-	TANNEX	-	-	
	DESCO	DESCO	DESCO	DESCO	
lignins	LIGCO	CARBONOX	IMC LIG	Tana A Thin	
	-	-	-	Emulsite	
	LIGCON	CC-16	IMC THIN	XP-20	
lignosulfonates	-	LIGNOX	IMC CAL	Kembreak	
	UNI CAL	Q-BROXIN	IMC VC-10	Spersene	
			IMC RD-III		

TANNIN گیاهی

tannin گیاهی که در صنعت گل حفاری بکار میروند بشیره درخت Quebracho هستند که این درخت عمدتاً در آرژانتین میروید. روش تهیه tannin خام بشیره روش تهیه سلولز از چوب برای تهیه کاغذ در صنعت کاغذ سازی است. این بشیره در شکل نیمه تصفیه شده اش جزء نخستین تیزهای آلک بود که بمنظور کنترل خواص rheologic گلهای حفاری، در آنها مصرف شد. از نظر شیمیایی، بشیره tannin جزء ترکیبات اسید digallic است بهترین نمونه که از این بشیره ساخته شده است MC Quebracho نام دارد. کوبراچو یک خاص hygrosopic است یعنی در هوا که قرار گیرد بخار آب موجود در آنرا جذب میکند و بعد از آسیاب شدن بصورت محبسی سخت و بهم پیوسته درآید. برای جلوگیری از caking و کلوخه کلوخه شدن آن در کیم، بارود مقدار کمی رس بآن افزوده است. کوبراچو یک ماده اسیدی است (pH=3.8) و باید با مقدار کافی کانتیک سودا همراه شود تا هم خاصیت اسیدی خنثی شود و هم حلالیتش در گل افزایش یابد. در سرچیه معمولاً این نسبت رعایت میشود:

$$\frac{1}{4} < \frac{\text{Caustic Soda}}{\text{Quebracho}} < \frac{4}{4}$$

یعنی اینکه به ۱۰۰ پوند کوبراچو بین ۲۵ تا ۱۰۰ پوند کانتیک سودا نیزند و مقدار مصرف کانتیک سودا بسته به نوع گل فرق کوبراچو را میتوان از طریق mud hopper و یا از طریق chemical barrel به سیستم افزود. کارائی کوبراچو بعنوان dispersant در گلهای high pH بسیار خوب و در گلهای آهکی بسیار عالیست. در گلهای low pH هم میتوان از آن استفاده کرد لیکن با کارائی کمتر. گلهائی که با کوبراچو درمان شده اند دایره چاه را به بهترین صورت اندود میکنند: اندودی نازک و بسیار نگم. کوبراچو همچنین در کاهش vis گلهای low pH که آلوده به سیان شده اند مفید است. غلظت ای زیاد نگم در گل سبب به اثر شدن کوبراچو در کاهش vis گل میشود. نگم نه تنها حلالیت کوبراچو را کم میکند بلکه باعث flocculating effect شدید خود مانع dispersion و پخش floc های رس توسط کوبراچو میشود. کوبراچو همچنین در برابر لویهای کلیم و سزیم حساس است. این لویها حلالیت کوبراچو را کاهش داده و توانائی آنرا در پاشن آوردن vis و GS گل محدود میکنند. همین دلیل کوبراچو را نسبت به در گلهای شور، در گلهای گچی و در گلهای T-8 بکار میبرند.

TANNEX - محصول است از شرکت بارود. این تیز مخلوطی است از Lignite و Quebracho

tannex، خواص Filtration control خوب lignite و توانائی شو شو و مفید کوبراچو را در thinning گلهای حفاری یکجا در ضد جمع دارد و در گلهای آب-رسی شیرین، pH متوسط تا زیاد و نیز در گلهای آهکی بکار میبرد. ماده اسیدی بنابراین لازم است که یک ماده قلیائی قوی مثل کانتیک سودا همراه آن شود تا pH گل را که در آن شرکت میکند در حدود مطلوب نگهدارد. چون Tannex مخلوطی است از کوبراچو و لینیات، بنابراین محدودیت های آن هم

طبقاً عبارت خواهد بود از مجموع محدودیت ای این مواد.

DESCO - DESCO یک Tannin اصلاح شده است که بر پایه یک ماده قلیائی قوی مثل کاستیک سودا
 معنی شده تا pH آن به ۹ تا ۹٫۵ برسد. براحتی در آب شیرین و شور حل میشود و میزان mud conditioner
 در همه گلهای حفاری آب پایه و در یک range وسیع از pH قابل استفاده است. در غلظت های کم فوق العاده
 موثر بوده و VIS و GS گلهای شیرین و شور را بمیزان قابل ملاحظه ای کاهش میدهد. میزان مصرف آن از
 ۰٫۱ PPB برای گلهای کم جامد تا ۴ PPB برای گلهای سنگین متغیر است.

LIGNIN

ترکیبات lignin نام اسیدهای هیومیک معروفند و منگول از مواد گیاهی تجزیه شده میباشند. یکی از منابع
 خوب این ماده lignite است که از سنگ استخراج میشود و طی مراحل ساده ای برای استفاده در گلهای حفاری آماده
 میگردد. بدین ترتیب از lignite یک ماده شیمیائی از زان قیمت که جهت کنترل و تثبیت AV, YP, GS, FL
 گلهای حفاری بکار میرود ساخته میشود. lignin بواسطه مقاومتش در برابر گرمای زیاد، در جاهایی که BHT
 آنها زیاد است مطلوب میباشند. lignin را معمولاً از طریق mud hopper به سیستم نقل میزنند. بهترین
 نیزهای ساخته شده از lignin عبارتند از:

Tann A Thin

Tann A Thin یک ماده اسیدی است (pH=3.2) که برای کنترل و تثبیت VIS گلهای حفاری آبی بکار
 میرود و برای بازدهی بهتر باید آنرا همراه کاستیک سودا نمود. در هر چه معمولاً نسبت زیر رعایت میشود:

$$\frac{1}{6} < \frac{\text{Caustic Soda}}{\text{Tann A Thin}} < \frac{6}{6}$$

این ماده در low pH بهترین کارائی را دارد لیکن در pH ۴ دیگر هم خوب کار میکند. Tann A Thin علاوه بر
 آنکه یک dispersant مؤثر است، باعث بهبود و تقویت emulsion های مکانیکی هم میشود.

Emulsite

emulsite که عمدتاً در گلهای low pH بکار میرود یک lignite "قبلاً با سود عمل شده" است و همین دلیل
 خواص قلیائی دارد و بهتر از lignin در آب حل میشود. بنابراین موثرتر از آن نیز میباشند. emulsite را میتوان
 از طریق mud hopper و یا از طریق chemical barrel به سیستم زد. این ماده نیز مثل Tann A Thin باعث
 بهبود و تقویت emulsion های مکانیکی میشود.

XP-20 یا (pre-reacted chrome lignite) با $pH=10$ است. عموماً همراه Spersene و جهت تکمیل کارآئی آن در سیستم گل (XP-20/Spersene) که ساخت شرکت مگوبار است و عنوان بخش لازمی از این سیستم مگبار می‌رود و علاوه بر تثبیت گل و کاهش FL آن، وظیفه emulsifying و بهبود خواص inhibitive گل را نیز انجام می‌دهد. کاربرد XP-20 فقط محدود به سیستم فوق نمی‌شود بلکه می‌توان آن را در گلهای آب شیرین low pH نیز بکاربرد.

IMCO Lig (processed lignite) ، $pH=4.5$

تیزی است مناسب برای گلهای آب شیرین. جهت پایداری emulsion نسبت در آب و بهبود ROF گل می‌شود. در متال حرارت متادم بوده و محدوده pH مطلوب برای آن ۹.۵ تا ۱۱.۵ است. کین بویزه در گلهای امولسیون pH low نور بسیار همراه کوبرا بود در گلهای آکلی نیز بکار رفته است. میزان مصرف:

میزان نیز در گلهای آب شیرین: 3 PPB \rightarrow 1.5

میزان پایداری کننده امولسیونها: 2 PPB \rightarrow 1.5

میزان کمک کننده به سرد کنترل کننده FL: 10 PPB \rightarrow 2

IMCO Thin (caustized lignite) ، $pH=10.2$

نسبت $\frac{\text{caustic soda}}{\text{lignite}}$ در این ماده برابر ۶:۱ است. در سایه lignite حلالیت بیشتری دارد. امولسی فایری است عالی و VIS و FL را نیز کاهش می‌دهد.

CARBONOX

Carbonox یک lignite تقریباً تصفیه شده است که در گلهای رسی آب شیرین بمنظور کنترل FL و کاهش VIS (دیز: emulsify کردن نسبت در آنها بوقت ضرورت) بکار می‌رود و چون در متال حرارت متادم است در جاهایی که BHT آنها بیش از ۴۵۰۴ بوده است نیز بکار رفته است. Carbonox یک اسید آلی است همین دلیل مولد یک ماده قطبائی قوی مثل کاستیک سودا را با هم همراه آن کرده تا pH گل حد اقل به ۸ برسد. Carbonox یک پلیمر آلی ارزان قیمت است که در بسیاری موارد کاربرد خوبی دارد. کارآئی Carbonox در گلهای شور کم است زیرا حلالیت آن در حضور متادیر زیاد کمک محدود است. نمک، پراگندگی، ذرات، اثر سترید flocculating روی گل می‌گذارد. Carbonox، ظرفیت توافقی کاتیون (base exchange capacity) دارد.

یعنی ستیراند کاتیون را جابجایی کاتیون دیگری بکند همین دلیل کاربرد این ماده در حضور کاتیونهای دو ظرفیتی مثل Ca^{2+} و Mg^{2+} محدود میشود زیرا در چنین محیطی باقی، این یونها بجای یون سریم روی Carbonox گسسته و بازدهی آنرا کاهش میدهند. Carbonox در بعضی شرایط بصورت کولوئیدی عمل میکند و اگر غلظت آن را کم از حدی تجاری بکنند بجای کاهش VIS، آنرا افزایش میدهد.

CC-16 (یا لیگنیت اصلاح شده)

این نیز ترکیب از یک قسمت کاسیتک سودا در شش قسمت لیگنیت است که تحت شرایط ویژه ای عمل آمده است. در آب با گل برآمی و بهتر از lignin و برون نیاز به افزودن کاسیتک سودا حل شده و موثرتر از آن عمل میکند. buffered pH حاصله از کاربرد CC-16 سبب جوگیری از زیادهای ناشی از افزایش ناگهانی سودخام گل میشود. محدودیت هر CC-16 از نظر کاربرد نسبت به کاسیتک سودا است: در غلظت های زیاد نمک در حضور hardness اثرش کاسته میشود.

LIGNOSULFONATES

lignosulfonate از خمیر چوب استخراج میکنند. روش استخراج bisulfite process است که جهت استخراج سلولز بکار میرود. lignosulfonate با انواع کاتیونها ترکیب شده و گونه های متعددی از تیزهای خوب تجاری را بوجود میآورند. تیزهای لیگنوسولفونات نسبت به lignin و tannin های نیمه تصفیه شده گرانتر است. در شرایطی که تیزهای اخیر نتوانند بخوبی انجام وظیفه کنند، تیزهای لیگنوسولفونات برآمی از عمده کار برآیند. بهترین این مواد عبارتند از:

Kembreak (= a Ca lignosulfonate) ; pH = 7

کاربرد Kembreak محدود به کنترل سیستم های آهکی و گهای T-8 میباشد لیکن در این نوع بسته ها میزان امولسی فایر نیز بکار میرود. آنرا عمدتاً از طریق mud hopper به گل می افزایند.

IMC CAL (= a Ca lignosulfonate) ; pH = 7

حد اکثر بازدهی را در (Ca treated muds) با pH بیش از ۱۰ دارد. در گهای کلیم طرایی (یا SCR muds) و گهای آهکی عمدتاً میزان dispersant مصرف میشود. امولسی فایر خوب است. کاربردش در گهای آهکی سبب کاهش آنرا کالیفینتی عمل میشود. میزان مصرف زغال: میزان dispersant در گهای آهکی: 2 → 4 PPB

LIGNOX (= a Ca lignosulfonate)

Lignox بهترین بازدهی را در حضور مقداری Ca^{++} و نیز در pH های high دارد. همین دلیل هم عمدتاً برای کنترل VIS و GS گهای آهکی بکار می‌رود. تا حدودی هم در گهای شور و گهای کنترل shale بکار رفته است. کین در گهای آب شیرین low pH، نیز برای دیگر، هم موثرتر از lignox هستند و هم ارزانتر از آن.

Spersene

Spersene نیزه است که در همه نوع گهای آب بکار می‌رود و خواص متعدد دارد: نه تنها VIS و GS را کاهش می‌دهد، بلکه اگر مقدار کافی مصرف نشود می‌تواند FL گل را هم کنترل کرده و طبیعی inhibitive بوجود آورد. کلاً آبی آن در همه pH های میان خوب است و میزان آن را در همه غلظت های نمک (تا اشباع) و همه غلظت های کسیم محلول در گهای حفاری نیز بکار برد. Spersene باید همراه کاتسبک مواد بکار برده شود. مقدار کاتسبک لازم بستگی دارد به نوع گلی که رانده می‌شود. در سرچاه معمولاً نسبت $\frac{\text{Caustic Soda}}{\text{Spersene}} = \frac{1}{4}$ رعایت می‌شود. Spersene را معمولاً از طریق mud hopper به سیستم گل می‌افزایند.

IMC VC-10 (= a modified Na-Fe-Cr lignosulfonate); pH = 4

این نیزه در گهای آب شیرین، در گهای کلسیمی (SCR, lime, gyp) و در گهای شور (از شور محلول تا شور اشباع) بکار می‌رود و بسیار موثر است. FL این قبیل گها را نیز کنترل می‌کند. در pH های مختلف و در در مان آلورگ های ناشی از salt, anhydrite, CMT, gyp عالی است. در غلظت ها زیاد میزان یک گل نمی‌کنند (یا inhibitive mud) بکار می‌رود بدون آنکه نیازی به نمکهای کسیم یا مواد کنترل کننده FL داشته باشد (در این موارد pH را بوسیله کاتسبک مواد در حدود ۹ تا ۹.۵ نگهدارند). با هم مواد افزودنی به گهای حفاری آب بکار است و توانائی emulsify کردن نفت در آب را نیز بخوبی داراست. میزان مصرف نرمال:

میزان نیزه در گهای آب شیرین: 3 → 1 PPB

میزان دارد برای در مان آلورگ های ناشی از CMT, salt, gyp: 4 → 2 PPB

میزان نیزه در گهای آهکی: 5 → 2 PPB

میزان نیزه در گهای گچی: 6 → 3 PPB

میزان نیزه در گهای شور: 6 → 2 PPB

میزان نیزه در گهای آب دریا: 10 → 4 PPB

میزان کنترل کننده FL: 10 → 4 PPB

میزان مواد کسیمی در برابر بارهای بیش از ۴۰۰ F: 10 → 8 PPB

بخزان inhibitive در گتھای لیگنوسولفات : 6 → 10 PPB

Q-BROXIN (= Fe-Cr lignosulfonate)

Q-Broxin نیز بی‌است هم‌کاره و در همه نوع گتھای آبی بکار می‌رود : در گتھای آب شیرین low & high pH ، در گتھای گچی ، آهکی ، شور ، آب دریا و بلاخره در گتھای کنترل shale بازدهی خوبی داشته است . در حضور مقدار زیاد hardness و نمک با زمان خوب عمل کرده است و میتوان آنرا برای درمان بسیاری از انواع آلکالین های گچی که در حین عملیات حفاری ممکن است با آنها برخورد شود بکار برد . حداکثر تا ۴۰۰°F پایدار است و میتوان آنرا هم برای FC عمل بکار برد و هم برای thinning آن . در گتھائی که Q-Broxin دارند ، نفت بدون آکنه نیازی به انولسیفایری دیگری نداشته باشد بخوبی emulsify میشود . Q-Broxin یک ماده کنترل کننده FL و هم چنین بخزان یک تیز در فاصله pH < 10 < 9 بازدهی بهتری دارد در غلظت ۱ کیلوگرم بهتر از غلظت های زیاد آن (یعنی اشباع) کار میکنند . درمان بیش از حد گتھای تیز اثرات زیانباری روی rheology گتھای دارد و گتھای Q-Broxin از این ناصه خارج است .

IMC RD-III (مخلوطی از ترکیبات لیگنوسولفات) pH = 7.2

RD-III یک mud conditioner هم‌کاره است : در همه گتھای آبی بخزان inhibitor ، dispersant ، emulsifier و کنترل کننده FL بکار می‌رود و محل درجه حرارت های زیاد (بیش از 375°F) را دارد و در محدوده pH ۸ تا ۱۳ قابل استفاده است . RD-III بویژه در گتھای شور و گتھای آب دریا تیزی است بسیار تیز و عالی . میزان مصرف نزال دایره آل :

بخزان تیز در گتھای آب شیرین 1 → 3 PPB

بخزان تیز در گتھای شور 3 → 6 PPB

بخزان inhibitor در سیستم گتھای inhibitive شرکت امیکو : 6 → 10 PPB (در آب شیرین یا شور)

بخزان مقاوم کهنده گتھای در برابر حرارت ۵۴ بیش از ۲۵۰°F : 10 → 12 PPB

موارد استفاده تینرها

شکل ۲۶، تغییرات AV و FV یک گل را در تیند PV و YP آن تغییر کند بصورت گرانگ نشان میدهد. افزودن مواد کلوآگونی به گل میتوان PV و YP آنرا تغییر داد و این تغییرات را بوسیله VG meter اندازه گیری نمود. با تجزیه و تحلیل اطلاعاتی که بین ترتیب حاصل میشود میزان اثر این تغییرات را روی AV و FV گل بررسی و تعیین نمود. AV چه بوسیله تین مارش و بر حسب $\frac{sec}{qt}$ اندازه گیری شود چه بوسیله VG meter و بر حسب CP، در هر صورت از دو متغیر تشکیل شده است:

۱- درصد ذرات جامد گل و صیقل آنها

۲- نیروی جاذبه الکترودستاتی بین آنها

دستگاستی معمولاً در اثر ورود زاینه آگل و با تغییر درصد ذرات جامد آن تغییر میکنند. اگر FV زیاد شود AV هم باید زیاد شود و بالعکس، اگر FV کم شود AV هم باید کم شود. اندازه گیری AV و FV برای کنترل گل تنهایی کافی نیست عوامل مهم در کنترل گل PV و YP هستند. این شکل ۲۶ را مطالعه میکنیم:

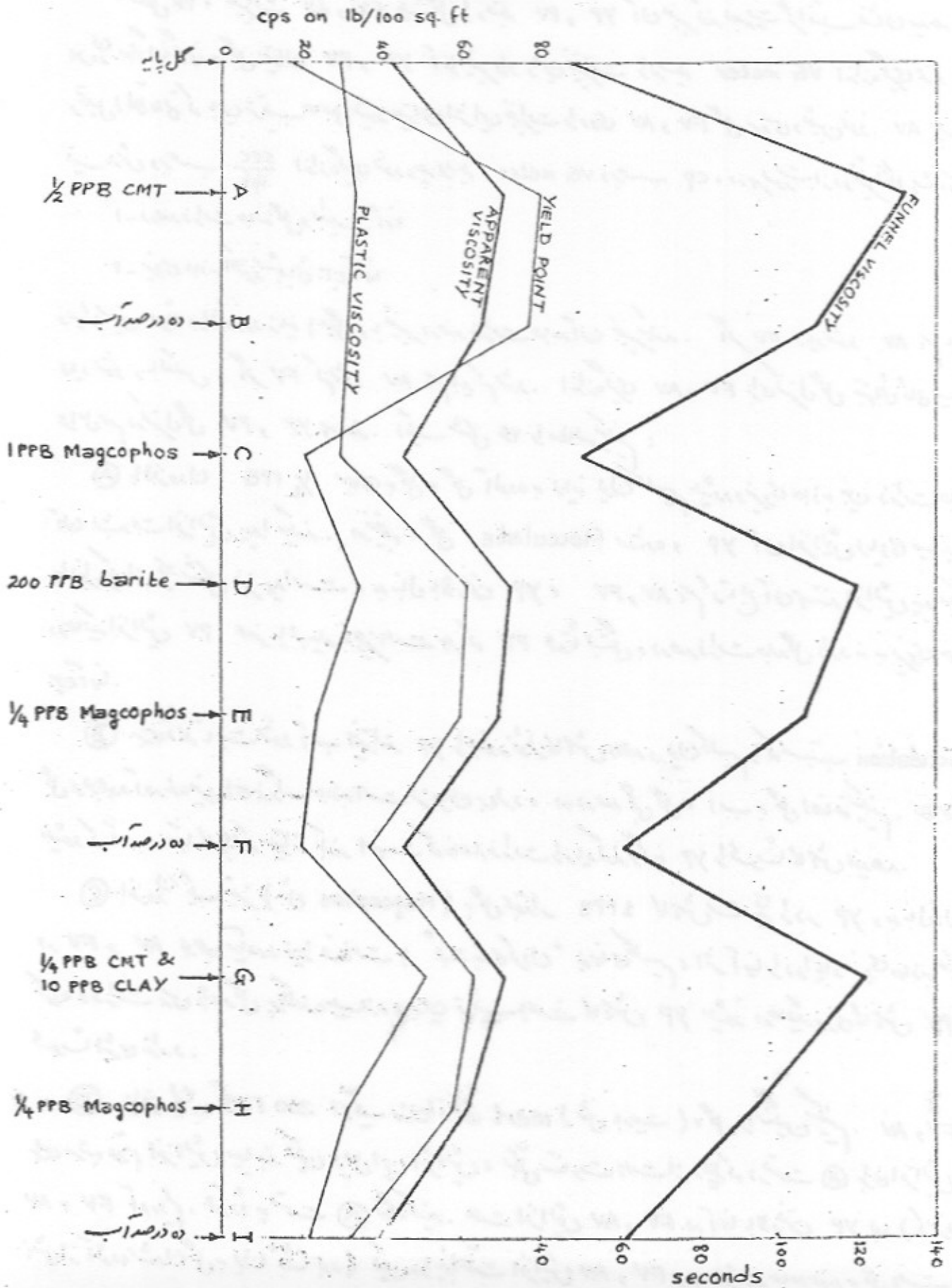
Ⓐ با افزودن ۱/۲ PPB سیان به گل، گل آلوده به زاینه یون کلیم میشود و نیروی جاذبه بین ذرات جامد آن نسبت افزایش پیدا میکنند. در نتیجه، گل flocculate شده و YP آن افزایش زیادی مییابد. با نظریه از روی شکل نیز پدید است، بدینال بالا رفتن YP، FV و AV هم که تابع آن هستند افزایش پیدا میکنند در حالی که افزایش PV صفر یا بسیار ناچیز است چرا که PV عمدتاً بستگی به درصد ذرات جامد گل دارد نه به نیروی جاذبه بین آنها.

Ⓑ برای آنکه ثابت شود آب نمیتواند YP را بطور مؤثر کاهش دهد و یون کلیم را که سبب flocculation گل و بوجود آورنده نیروی بزرگ جاذبه است از میان بردارد، ده درصد حجمی گل، آب به گل اضافه میکنیم. ملاحظه میشود که آب تنها کاری که میتواند بکند اینست که فاصله ذرات را زیاد کند و گرنه YP را محسوس کاهش نمیدهد.

Ⓒ افزودن یک فنز (مثل Magcophos) به گل بمقدار 1 PPB کاهش میدهد در YP و بدینال آن در FV و AV بوجود میآورد زیرا فضات با "بسته بندی کردن" یونهای کلیم، اثر آنها را در ایجاد نیروی جاذبه حقیقی کرده و ذرات رس را در گل پراکنده میسازد و برین ترتیب باعث کاهش YP میشود در حالی که روی کاهش PV محسوس اثری ندارد.

Ⓓ با افزودن 200 PPB از یک فلز انفرای inert (مثل باریت)، گل را سنگین میکنیم. FV و AV برای رتبه دوم افزایش مییابند لیکن دلیل این افزایش، بکلی تفاوت است از دلیل که در قسمت Ⓐ برای افزایش AV و FV آوردیم. تجربه را به قسمت Ⓐ نگاه کنید. علت افزایش AV و FV در آنجا بالا رفتن YP بود (که نمود ناشی از آلوده شدن گل به یون Ca^{++} بود) لیکن در اینجا علت افزایش AV و FV ورود ذرات جامد جدید به گل است

شکل ۲۶ - اصول در ماندهای شیبانی گل



که موجب افزایش surface area شده و نیروی اصطکاک بین ذرات را افزایش داده است. افزایش نیروی اصطکاک بین ذرات باعث افزایش PV شده است. لاجرم AV و FV که گفتم تابع PV هستند نیز افزایش یافته اند. توجه به معنی YP نیز آموزنده است: در قسمت (A) با آنکه فقط 0.5 PPB سیان به گل افزودیم، افزایش شدیدی در YP گل حاصل شد و این نبود مگر بخاطر آنکه سیان باعث افزایش نیروهای الکتروستاتیکی درون گل شده بود در حالیکه در اینجا که 200 PPB از یب جسم غیر فعال (یعنی باریت) به گل افزودیم YP در تمام مقادیر با قسمت (A) افزایش اندک را حاصل کرده است. این افزایش بواسطه نزدیک شدن ذرات جامد بیکدیگر در اثر تنگ شدن جامدات است. بدیهی است که نزدیک شدن ذرات بیکدیگر، نیروهای جاذبه قوی بین آنها را (به نسبت که بهم نزدیک شده اند) افزایش میدهد. داری چنین گلی که فقط PV آن زیاد شده است آب میباشد (E) برای آنکه ثابت شود با کاهش YP، PV فقط آنکه کاهش پیدا میکند و نیز برای نشان دادن اینکه در این حالت، مواد شیمیایی تنهائی قادر نیستند AV را بمقدار قابل ملاحظه ای کاهش دهند، $\frac{1}{4}$ PPB فسفات به گل اضافه میکنیم. می بینیم که VIS همچنان بالاست

(F) داری مناسب جهت کاهش PV، افزودن آب به گل است که این با اضافه کردن ده درصد حجمی آب به گل فوق، PV و به دنبال آن AV و FV که تابع آن هستند کاهش میابد. کاهش اندک نیز که در YP حاصل شده است بخاطر دورتر شدن ذرات جامد از یکدیگر و ضعیف شدن نیروی جاذبه بین آنها میباشد.

(G) برای بار سوم AV و FV را افزایش میدهم و برای این منظور این مرتبه هر دو تغییر - یعنی PV و YP - را با هم زیاد میکنیم. $\frac{1}{4}$ PPB سیان و 10 PPB خاک رس این دو تغییر را انجام میدهد: سیان YP را همان دلیل که در قسمت (A) ذکر شد افزایش میدهد - یعنی با قوی تر کردن نیروی جاذبه الکتروستاتیکی بین ذرات جامد گلی - لیکن خاک رس، PV را به دلیل کاملاً ستاد است از آنچه که در قسمت (D) بیان شد زیاد میکند. در قسمت (D)، افزایش PV در اثر افزایش نیروی اصطکاک ناشی از زیاد شدن surface area بود در حالیکه در این جا ذرات جامد، ذرات رس هستند و این ذرات وقتی که در دگل شوند بخاطر طبیعتشان بچسبند از آب گلی را جذب کرده و باد میکنند در نتیجه، آب آزاد گلی کم شده و اصطکاک بطور قابل ملاحظه ای افزایش میابد. بخاطر داشته باشید که، بعضیهای مایه، hydratable solids (یا جامدات تور پذیر) همراه VIS را بیشتر از inert solids افزایش میدهند. داری مناسب برای این گلی، آب و یک تغییر شیمیایی است: آب برای کاهش PV و تغییر برای کاهش YP.

(H) افزودن $\frac{1}{4}$ PPB فسفات (Magcophos) به گل، AV و FV را به دلیل که در قسمت (C) بیان شد کاهش میدهد (I) افزودن آب به گل نیز ده درصد حجمی آن AV و FV را به دلیل که در قسمت (E) بیان شد کاهش میدهد.

از این آزمایش میزان قاعده کلی زیر را که برای کنترل اقتصادی خواص rheologic گلهای صغری و ای در شرایط optimum در آنها میباشد، نتیجه گرفت:

الف - اگر γP گل افزایش میابد کین تغییرات PV اندک یا صفر است، γP را بگم مراد سیمانی کاهش داده و کنترل کنید

ب - اگر PV گل افزایش میابد کین تغییرات γP اندک یا صفر است، PV را بگم آب یا بگم دستهای کائینی تصفیه گل کاهش داده و کنترل کنید.

پ - اگر γP و PV هر دو میزان زیادی افزایش میابند برای کاهش و کنترل آنها هم از مواد سیمانی استفاده کنید، هم از آب و هم از دستهای کائینی تصفیه گل

فصل چهارم

HYDRAULICS OF DRILLING FLUIDS

باید به این کلمات حفاک

مانند ریک در فصل اول گفتیم، یکی از وظایف اصلی گدای حفاری تمیز کردن ته چاه و انتقال کنده های حفاری به سطح زمین است که این شامل حمل ذرات جامدی که از مقاطع مختلف چاه وارد گسل میشوند نیز میشود. مثلاً پلمه سنگهای رسی با وزن-التریم (یا sloughing shales) که معمولاً در سازند های کم عمق یافت میشوند، پس از جذب آب، باد کرده و ناپایدار میشوند و به درون چاه ریزش میکنند. گسل حفاری، علاوه بر حمل کنده های حفاری باید بتواند از عمده حمل و انتقال اینگونه سنگها و ذرات جامد به سطح زمین نیز بچونیه برآید. در غیر این صورت شکل از این قبل بروز خواهد کرد:

۱- ته نشست کنده ها و تراشه های حفاری در چاه بعد از سفر لوله ها

۲- ایجاد bridge (یا نقاط تنگ) در چاه که خود ناشی از تورم سنگهای فوق الذکر است.

۳- گیر کردن لوله ها

۴- کاهش سرعت حفاری

توانایی گل در تیز گردیدن مؤثره به چاه و حل و نقل کننده به سطح زمین بستگی به hydraulics آن دارد. دو عامل هم که مردی hydraulics سیستم های گردش گهای حفاری اثر دارند عبارتند از :

۱- اندازه و ابعاد سیر حرکت گل

۲- خواص فیزیکی خود گل

مهندس شناس باستی که رابطه موجود بین خواص فیزیکی گل حفاری و hydraulics سیستم گردش آنرا تجزیه و تحلیل برآوردن زیر اشنا این عوامل در طراحی یک سیستم گردش گل برای یک حفاری موفقیت آمیز و بهم چنین تیز کردن به چاه گونه ای مطلوب ، فردی است . البته باید دانست که hydraulics و نظافت چاه ، علوم حاصلی نیستند که کاملاً شناخته شده باشند بلکه تجربه هم هستند و هنوز مطالب زیادی درباره آنها هست که باید آموخته شود .

و نتیجه گل در داخل annulus در حال صعود است ، کننده های حفاری منتقل در آن ، میزان کثرت تأثیر سوز

قرار دارند :

۱- نیروی جاذبه زمین . این نیرو سعی در سقوط دادن کننده به چاه دارد . سعی که کننده های حفاری با آن به ته چاه سقوط میکنند slip velocity (یا سرعت سقوط) نام دارد و حرف V_s نشان داده میشود

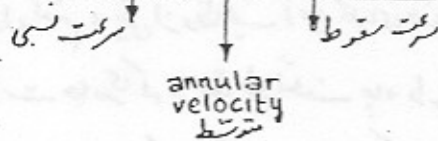
۲- نیروی buoyancy (یا نیروی ارسیمیدن) که همیشه از پایین به بالاست پس سعی در بالا بردن کننده دارد

۳- نیروی ناشی از فشار پمپ های گل . این نیرو به گل در هر قسمت از مسیرش سرعت معینی میدهد . حرکت صعودی گل در annulus موجب بالا بردن کننده به با سرعتی V_a annular velocity میشود .

به بی این است که کننده های حفاری زمان میبرند در سطح زمین ظاهر شوند که "سرعت صعود" آنها از "سرعت سقوط" شان زیاد تر شود عبارت دیگر relative velocity یا سرعت نسبی آنها (که گاهی هم ascending velocity خوانده میشود)

مثبت باشد یعنی :

$$(1) \quad V_r = V - V_s > 0$$



ANNULAR VELOCITY

سرعت حرکت صعودی گل در annulus را که معمولاً بر حسب FPM یا میوید annular velocity

میگویند . اگر چه در تیز کردن به چاه عوامل دیگری هم مؤثر هستند لکن annular velocity مکانیزم عمده در حل کننده به

سطح زمین است .

$$(2) \quad \text{Annular Velocity (FPM)} = \frac{24.51 \times \text{Pump Output (GPM)}}{D^2 - d^2}$$

در این فرمول D قطر چاه (یا قطر داخلی لوله حفاری) ، d قطر خارجی DP یا DC میباشد و هر دو بر حسب اینج هستند .

مانند پمپ از روی فرمول مشاهده میشود، $\text{annular velocity} \propto \text{pump output}$ و قطر خارجی لوله نسبت مستقیم و با قطر چاه نسبت معکوس دارد.

annular velocity در طول عمیق حفری ثابت نیست و میزان قابل ملاحظه‌ای تغییر میکند. در حفری سازنده سخت که نفوذ ته در آنها اندک است، annular velocity کم، ممکن است بازده خوبی هم داشت. لیکن در سازنده‌ای نرم که سرعت حفری و نفوذ ته زیاد است احتیاج به annular velocity ‌ی زیادتری داریم. در این صورت پمپاژ زیادتر گل سبب تیز شدن ته چاه و محل سریع کنده با سطح زمین میگردد و از balling ته هم جلوگیری میکند. اما اگر بدلا می توانیم پمپاژ گل را افزایش دهیم، در این صورت با بستی سرعت حفری اینگونه سازنده را در سطحی کنترل کنیم که پمپ با گل با حداقل توان که دارند بتوانند ته چاه را کاملاً تیز کنند.

annular velocity ‌ی مناسب هنگام حفری‌های سریع نه تنها ته چاه و لبه‌های ته را تمیز نمی‌دارند، بلکه کنده‌های حفری را هم سریعاً به سطح زمین منتقل میکنند. از آنجا که در cuttings و sloughings به گل، وزن ستون گل و در نتیجه فشار هیدرواستاتیک آزار افزایش میدهد، احتمال گشتن گل نیز زیاد میشود، لیکن گل سریع در تریس کامل این مواد در سطح زمین جمع‌آوری و وزن گل را متعادل ساخته و مانع از گشتن گل میشود. گل سریع کنده‌ها به سطح زمین، همچنین باعث میشود که آنها کمتر زشت شکسته شده و بخش گشتن در محیط گل را پیدا کنند و این خود خارج نموداری در مراقبت از گل و کنترل خواص آنرا کاهش میدهد.

توانی‌های حفری در انجام صحیح وظایفشان اغلب مستقیماً مربوط می‌شود به annular velocity نامکانی و اندازه کونا. مهندس مهندس باید از نقش موزیکی که annular velocity در حل بسیاری از مسائل چاه دارد آگاهی باشد. جدول زیر حداقل annular velocity لازم را در حفری‌های گوناگون نشان میدهد. این نام توصیه شده در این جدول را البته باید با احتیاط به کار برد. در بعضی مناطق، شرایط ممکن است اقتضا کند که annular velocity ‌ی بالاتری را انتخاب کنیم.

جدول ۱

قطر چاه (انچ)	Annular Velocity (FPM)
15	80
12 1/4	90
10 5/8	110
8 3/4	120
7 7/8	130
6	140

STAGES OF FLOW مرحله جریان

گل حفاری چون در سیر حرکت خود، با سرعت های قفل گردش کند، نوع جریان آن از مراحل متعدد عبور می نماید که در شکل ۱، نشان داده شده است. این مراحل عبارتند از:

۱- مرحله سکون (یا stage of no flow). از نقطه A تا O. در این مرحله فشار در درون گل از طرف پمپ با آنقدر رعیت تا نیروهای فزونی شیبانی موجود در گل را خنثی کند و گل را جریان در آورد. حد اکثر این فشار نقطه A است که True Yield Point (یا با اختصار TYP) خوانده میشود.

۲- مرحله جریان صلبی (یا stage of solid plug flow). از نقطه A تا نقطه B. در این مرحله چون فشار پمپ را افزایش دهیم تا از TYP تجاوز کند، گل بشکل یک جسم صلب شروع حرکت میکند (درست شبیه خروج خمیر دندان از تیوب خود در اثر فشار وارد بر تیوب). plug توسط یک غش و نازک از گل که روی دیواره چاه و حبابه لوله های حفاری چسبیده است lubricate میشود.

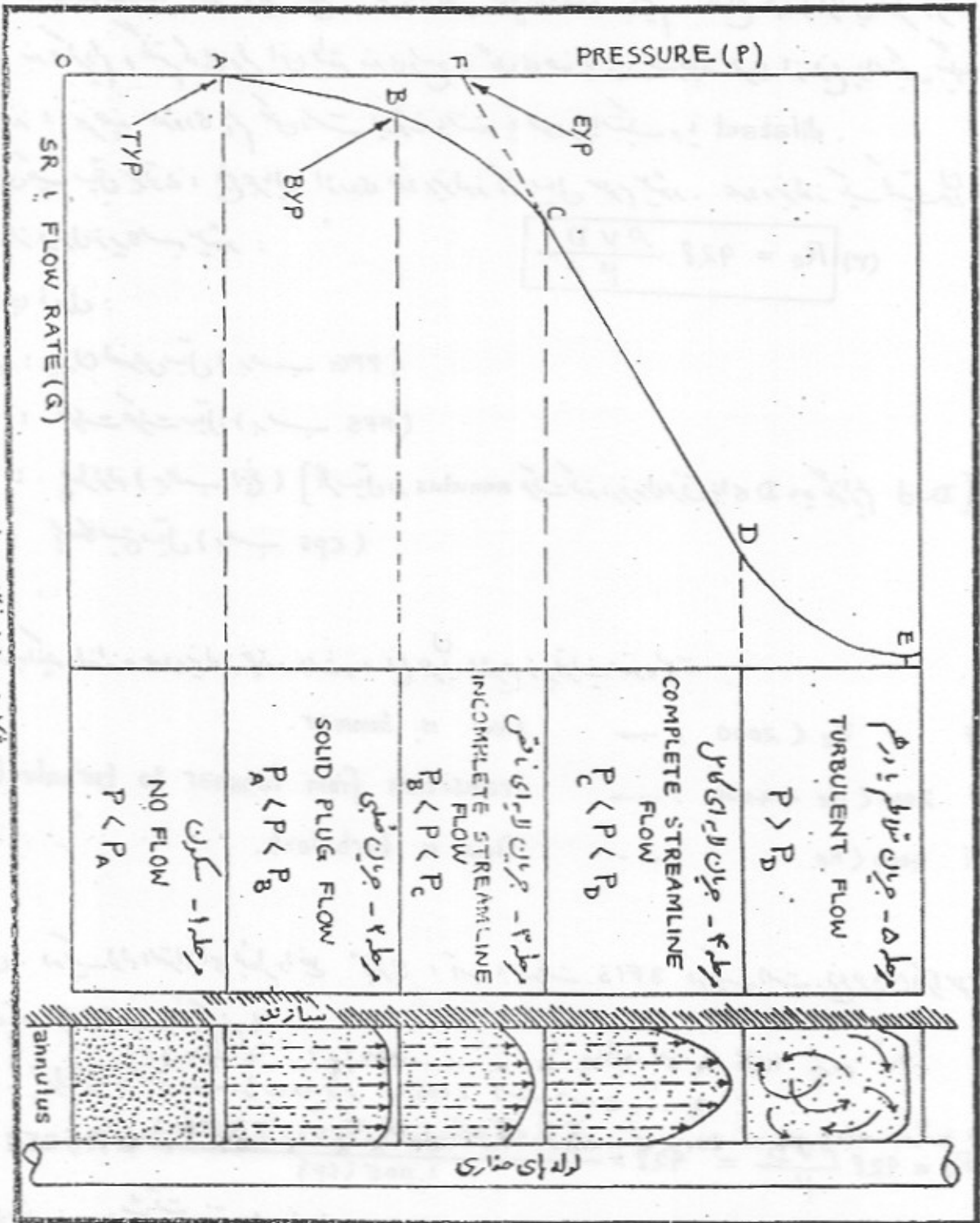
۳- مرحله جریان لایه ای ناقص (یا stage of incomplete laminar or streamline flow). از C تا B. در این مرحله چون فشار پمپ را باز هم بالاتر ببریم یزوری دارد درون بیشتر افزایش پیدا میکند و جریان گل سست تر میشود. عبارت دیگر، گل با SR یا differential velocity بیشتری حرکت میکند که این خود ناشی از نیروی اصطکاکی است که بین گل و حبابه های اطرافش وجود دارد. این نیروی اصطکاکی باعث میشود که سرعت حرکت لایه های گل در مقطع annulus یکسان نباشد بلکه در مرکز آن تندتر و در حبابه های آن کندتر باشد.

این گل در حال انتقال از مرحله ۲ به مرحله ۴ است و حرکت آن بصورت لایه های استوانه ای هم محور است که به حرکت لوله های یک تلسکوپ در درون یکدیگر شباهت دارد.

۴- مرحله جریان لایه ای کامل (یا stage of complete laminar or streamline flow). از C تا D. در این مرحله با افزایش بیشتر فشار پمپ، حرکت گل سست تر شده و velocity profile آن از شکل تقریباً تخت قبیع درآمده و سهی میشود. از نقطه C تا نقطه D، شیب منحنی ثابت است. حرکت گل در اینجا نیز بصورت لایه ای استوانه ای هم محور است که با سرعت بیشتری روی هم سُر میخورند.

۵- مرحله جریان متلاطم یا درهم (یا stage of turbulent flow). از نقطه D بعد. اگر فشار پمپ های گل از P_D هم تجاوز کند مرحله جریان نامنظم و متلاطم شروع میشود. در این مرحله ذرات گل، نظم خود را از دست داده و سیرای موازی قبلی را از خود میکنند و بصورت درهم درهم جریان خود ادامه میدهند. اینجا velocity profile گل حالت سهی خود را از دست میدهد و مجدداً تخت میشود.

گل حفاری در چاه می تواند در هر یک از مراحل پنجگانه فوق واقع شود. حتی ممکن است بخشی از گل در نقطه ای از چاه



شکل ۱- مراحل انتقال جریان

در یک سرخه باشد و بخش دیگری از همان گل در نقطه دیگری از چاه در سرخه ای دیگر باشد. میزان شال، گل ممکن است در اطراف DC؛ در سرخه turbulent و میزان با آن، در اطراف DP؛ در سرخه laminar باشد.

بزرگ آنکه "نوع جریان" یک گل حفاری را معلوم کنیم - یعنی معلوم کنیم که آیا گل بصورت laminar حرکت میکند یا بصورت turbulent - ابتدا باید "نوع" عمل را از نظر rheologic بدانیم. انواع آنها را از این نظر در فصل سوم طبقه بندی کردیم و گفتیم که با در غم این طبقه بندی وسیع، گاهی حفاری را در سرچاه معمولاً از نوع پلاستیک بیلایم فرض میکنند، هر چند معدودی هم ممکن است نیوتونی باشند یا سودوپلاستیک و یا dilatant.

برای یک سیال نیوتونی، نوع جریان از روی عدد رینولدز آن سیال معلوم میشود. عدد رینولدز یک نسبت بدون واحد

$$\text{است که از فرمول زیر به دست می آید:} \quad (۳) \quad Re = 928 \frac{\rho v D}{\mu}$$

در این فرمول:

ρ : وزن مخصوص سیال (بر حسب PPG)

v : سرعت حرکت سیال (بر حسب FPS)

D : قطر لوله (بر حسب اینچ) [اگر سیال در annulus حرکت کند در فرمول فوق بجای D باید $D-d$ بگذاریم]

μ : چسبندگی سیال (بر حسب cps)

بسته به اینکه اندازه عدد رینولدز چقدر باشد، نوع جریان شرح زیر توفیق شده است:

If $Re < 2000$ → flow is laminar.

If $2000 < Re < 4000$ → transition from laminar to turbulent.

If $4000 < Re$ → flow is turbulent.

شال. در یک لوله استرانه ای قطر داخلی $5\frac{3}{8}$ ، آب با سرعت 3 FIS در حرکت است. نوع جریان آنرا معلوم

کنید (مای آب را $20^\circ C$ فرض کنید)

حل. چون بزرگسایستی آب در این دما برابر 1.005 cp است پس:

$$Re = 928 \frac{\rho v D}{\mu} = 928 \times \frac{8.345 (PPG) \times 3 (FPS) \times 5.375 (")}{1.005 (cp)} = 124253$$

پس نوع جریان آب، با ششگفت فوق turbulent است.

تذکره: سیالات غیر نیوتونی چون absolute viscosity ندارند بنابراین باید viscosity آنها را در یک SR تعیین

بست آورد و در همان SR هم عدد رینولدز را حساب نمود.

CARRYING CAPACITY OF DRILLING FLUIDS

ظرفیت حمل گلهای حفاری

با تعریف Carrying Capacity گلهای حفاری عبارتست از توانایی آنها در انتقال گنده ها و تراشه های حفاری از طریق annulus به سطح زمین. اگرچه گسل در annulus حرکت صعودی دارد لیکن گنده ای درون آن، بدلیل وجود جاذبه زمین همواره تمایل به سقوط به ته چاه را دارند. سرعت سقوط اجسام را در هر هوا میتوان با فرمولهای ساده ای نشان داد و میسب کرد لیکن با سبب سرعت سقوط گنده های حفاری آنهم در گلی که حرکت صعودی دارد بزرگتر میشود. این سبب به عوامل گوناگون و تغییراتی بستگی دارد.

توانایی حمل حفاری در عمل و نقل گنده ها بسته به عوامل زیر است :

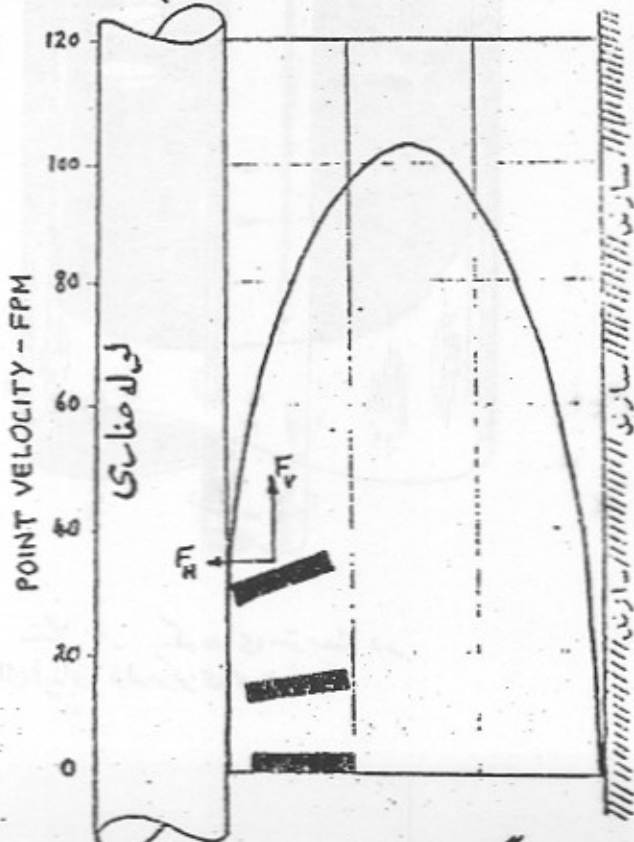
۱- سرعت صعودی گسل (annular velocity)

۲- ویسکاسیته گسل

۳- اندازه و شکل هندسی گنده ها

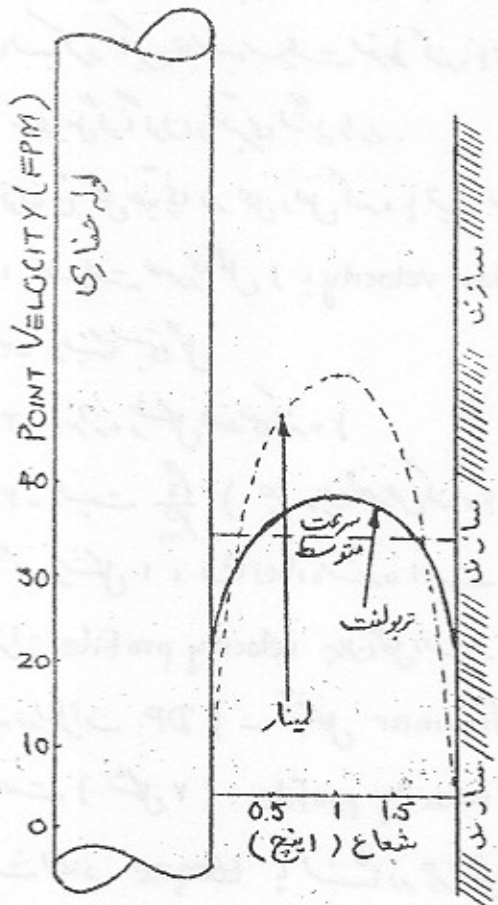
۴- نسبت $\frac{\rho_s}{\rho_m}$ (ρ_s وزن مخصوص گنده ها و ρ_m وزن مخصوص گسل است)

همانگونه که در شکل ۱، نشان داده شده است، velocity profile گلی که بصورت turbulent جریان دارد تحت ترازی velocity profile همان گسل است و شبیه بصورت laminar حرکت کند. جریان در annulus - خاصه در اطراف DP - شکل laminar است. جریان لایینی برای velocity profile سه می

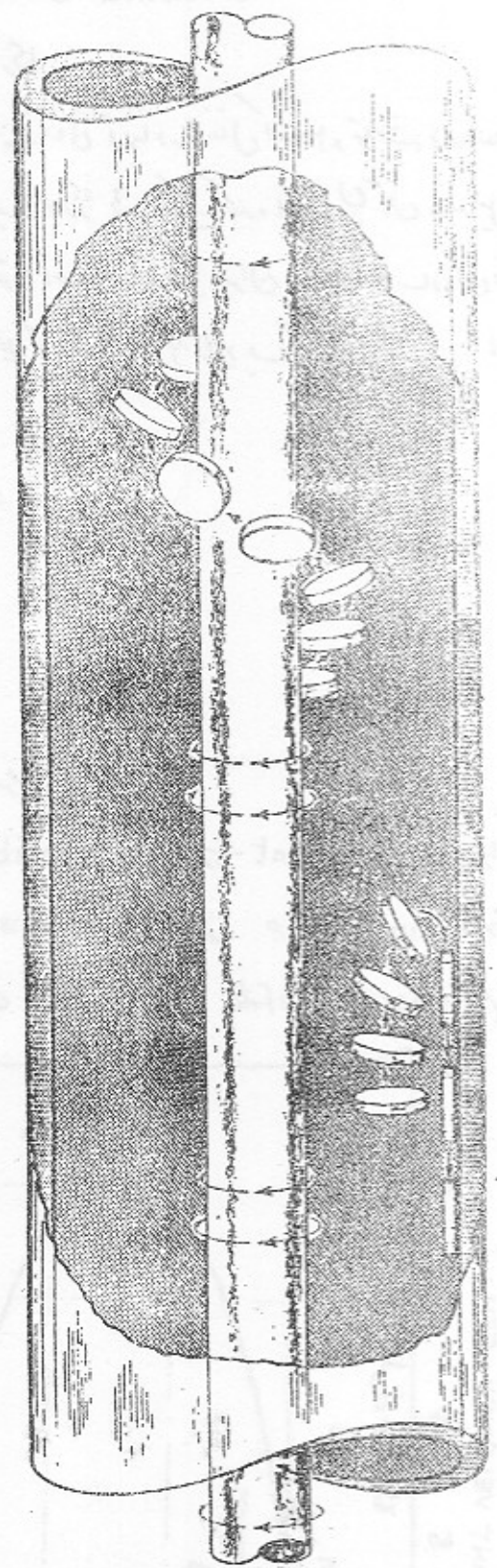


شکل ۲- اثر ترازی در چرشتی و ترازی جابده در جریان لایینی

شکل است (شکل ۲). velocity profile سه می شکل باعث ایجاد torque یا ترازی چرشتی (turning moment) روی گنده ها و ذرات متعلق به گسل میشود و آنها را جرفه متعلق به سرعت annulus مثل دیواره چاه و یا جداره DP ؛ میزند لیکن چرشتی DP خود باعث پرت کردن گنده ها و ذرات جابده متعلق به گسل بسوی ترازی برسر سرعت - مثل مرکز annulus - که عمل گنده ها در آنجا بهتر صورت میگیرد ، میشود. مضافاً اینکه لوله به تمام چرشتی باعث زیر و رو کردن و اینطرف و آنطرف کردن گنده ها و ذرات در داخل گسل میشوند. سپس دلیل است که وقتیکه لوله به چرشتی عمل ذرات گنده ها و نیز ترازی کردن ته چاه است ترازی صورت میگیرد (شکل ۳)



شکل ۴ - مقایسه جریان لایه‌ای و جریان تربولنت در



شکل ۳ - شبکه های متوسط در جریان لایه‌ای (لوله مرکزی می‌پرخد)

انرازه شکل کننده و نیز در اشغال آنها به سطح زمین مهم است: محل ذرات گرد شکل تراز محل ذرات پهن و محل ذرات بسیار بزرگ شکل تراز محل ذرات کوچکتر میباشد.

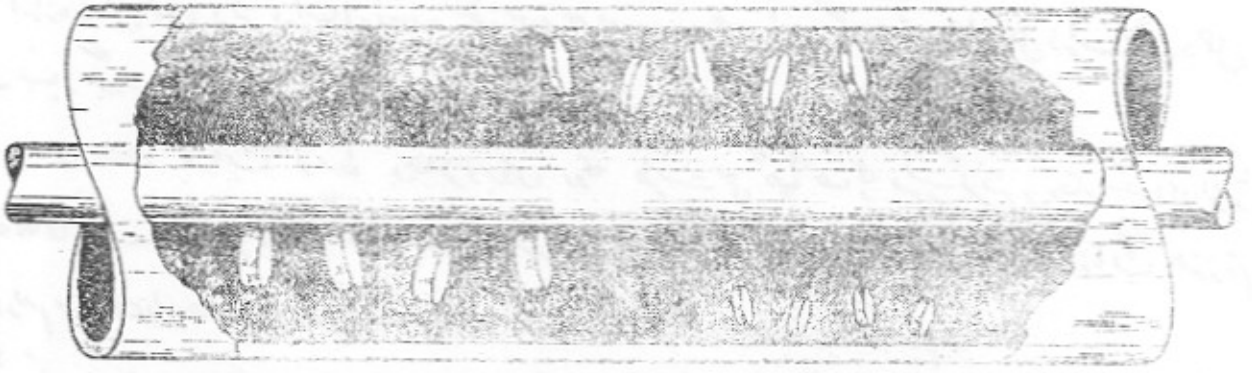
در سال ۱۹۵۰ آزمایشی توسط ویلیام و بروک روی ظرفیت حمل گلهای حفای صورت گرفته و رفتار سکه های آلومینیومی با اندازه های مختلف، در جریانهای گوناگون چند سیال مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. چون نتایج این آزمایش هنوز هم میزاند در فهم بهتر hydraulics موثر باشد در زیر خلاصه ای از گزارش این دکترا را می آوریم:

« حرکت سیالات با بصیرت جریان لایه ای است (laminar flow) و با بصیرت جریان متلاطم در هم در هم (turbulent flow) و هر کدام از این دو شکل جریان، ویژگی های عمیق را دارد: در جریان laminar، موکولهای سیال روی خطوط فرضی بنام streamlines (یا خطوط جریان) که موازات محور لوله اند حرکت میکنند و بین لایه های روی هم لغزند. سیال همواره shear منظمی رخ میدهد در صورتیکه در جریان turbulent، موکولهای سیال حرکتی درهم و برهم و نامنظم دارند و shear بین ذرات سیال نیز نامنظم در جهت ها گوناگون است. در شکل ۴، نشان داده شده است که velocity profile این دو جریان چقدر با هم تفاوت دارند. تنها ویژگی جریان laminar است بردارهای سرعت موکولها و ذرات سیال هم در یک جهت هستند بنابراین سرعت یک قطار velocity profile این نوع جریان عبارت خواهد بود از برآیند سرعتها نقطه ای که روی streamline آن نقطه قرار دارند و حال آنکه velocity profile جریان turbulent عبارتست از جمع برداری سرعتهای موکولها و ذرات سیال و درست همین دلیل است که velocity profile جریان تربولنت تحت تراز velocity profile جریان لاینار است رفتار سکه های آلومینیومی در هر یک از دو جریان لاینار و تربولنت دارند باید ملاحظه میکنند:

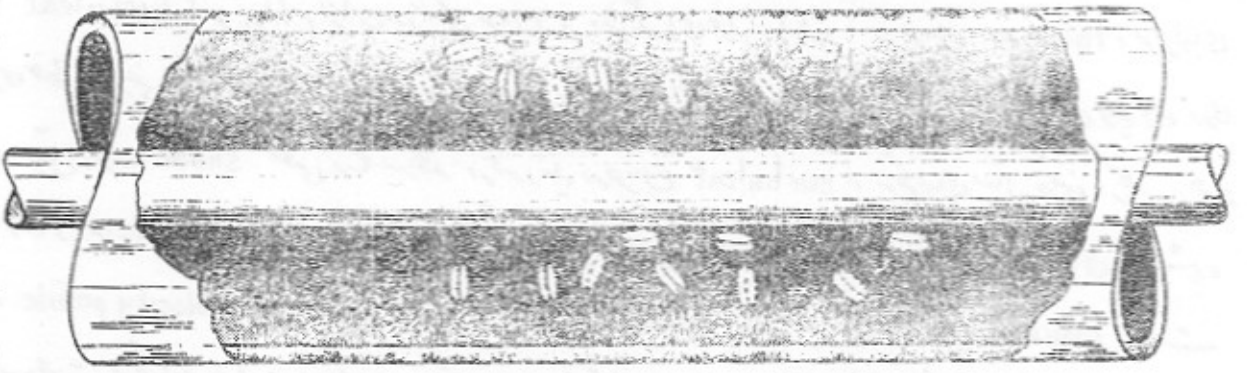
در جریان تربولنت و تکیه سیال مورد استفاده آب باشد، سکه های کوچک جلوتر، سکه های متوسط عقب تر آنها و سکه های بزرگ در آخر قرار گرفته و بچکدام تالی از خود نشان میدهند که بر روی پلور واقع شوند و یا به دیواره چاه بچسبند (شکل ۵) به نام معود، همه سکه ها از خود حرکات و ویژگی های oscillatory (یا نوسانی) نشان میدهند یعنی بطور کاملاً اتفاقی بالا میروند بلکه مثل متوسط برای در جهات در هوا، آنکه نوسان دارند.

در جریان لاینار و تکیه سیال مورد استفاده گلیسرین باشد، رفتار سکه ها بستگی به اندازه و ابعاد آنها دارد. سکه های بزرگ بطرف بالا میروند و چون آنکه تالی از خود نشان دهند که بر روی پلور واقع شوند و یا به دیواره بچسبند. لاین سکه های متوسط به پلور واقع شده و لایه ها کشیده می شوند و در همان حال مقداری متوسط میکنند و بعد مجدداً بالا میروند. سکه های کوچک هم مثل سکه های متوسط رفتار میکنند، با این تفاوت که متوسط آنها قبل از صعود خود نشان تر است. گاهی هم سکه های کوچک و متوسط به دیواره بچسبند و جدا شدن آنها از دیواره با متوسط افزایش قابل ملاحظه ای در سرعت حرکت سیال است (شکل های ۶ و ۷ و ۸)

ظرفیت حمل وقتی ماکزیمم است و عمل کننده و وقتی به بهترین نحو صورت بگیرد که بهترین سطح ذرات دلنده های حفای معلق

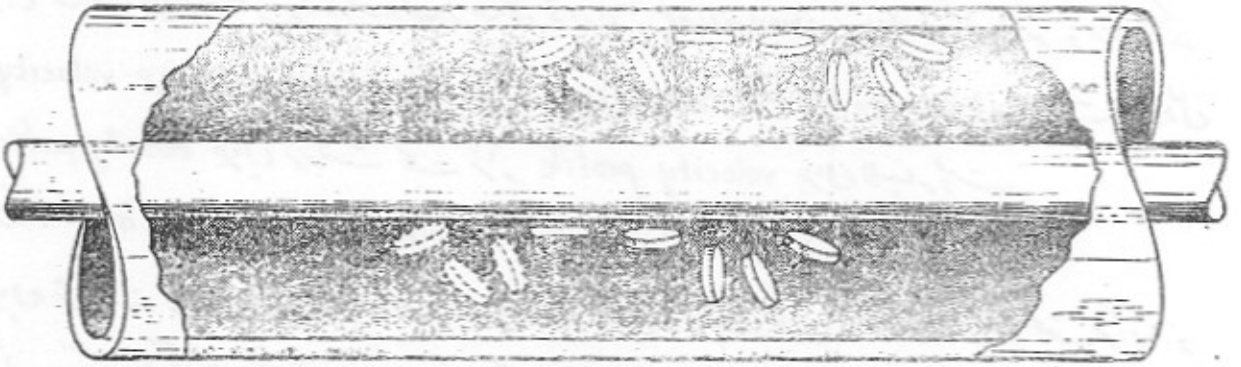


شکل ۵- سکه‌های برقی در زمان کار

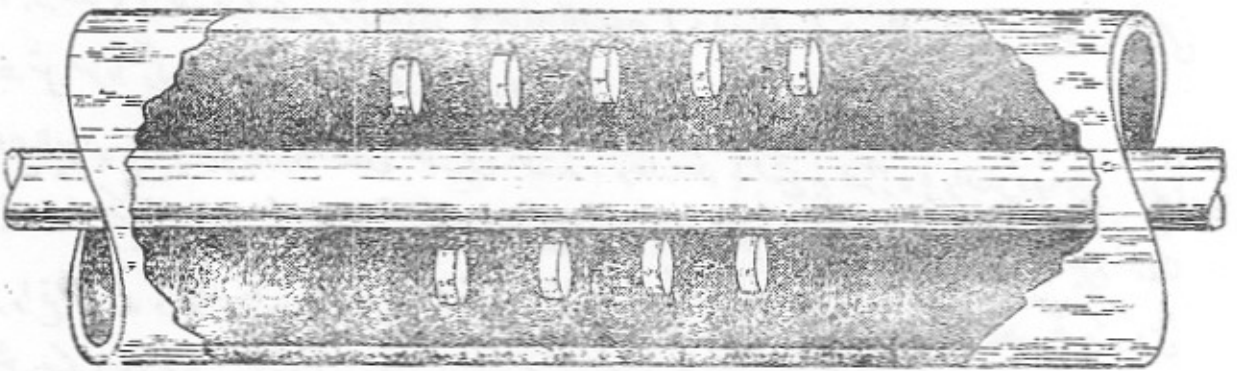


شکل ۶- سکه‌های کربن در زمان کار

(در هر دو شکل لوله مرکزی ثابت است)



شکل ۷- سکه‌های متوسط در زمان کار



شکل ۸- سکه‌های بزرگ در زمان کار

در گل عمود بر مسیر حرکت سیال باشد. یک سکه که در viscous slip سقوط میکند، به پهلو که قرار گیرد، ۱٫۵ مرتبه بیشتر از وقتی که به پشت یا به رو قرار گرفته است سقوط میکند و حال آنکه اگر همان سکه در turbulent slip سقوط کند، به پهلو که قرار گیرد ۱۳ مرتبه سریعتر از وقتی که به پشت یا به رو واقع شده است سقوط بنماید. تذکر این نکته ضروری است که یک ذره ممکن است در turbulent slip سقوط کند در حالی که گل جریان laminar دارد. باین دلیل باید گوشش کرد که کند، ها و ذرات معلق در گل در دراز دلیاره بوده و بصورت flat در جریان گل واقع شوند و این باعث جریان ترولنت در annulus میشود.

واقع است که در انتقال کند، ها به سطح زمین عوامل متغیر گوناگونی نقش دارند. برای مایه slip velocity کند، فرمولهای استخراج شده اند و هر چند این فرمولها بخاطر همان عوامل چندان دقیق نمیشند معینا آنها امکان مایه سرعت سقوط نسبی کند، را بامید دهند. این مایه سبب خصوصاً زمانه نمیدند که در بروز مشکلات نظیر pipe drag و fill-up چه و غیره، به توانائی گل در نظافت چه کمک کرده باشیم. در این صورت مایه annular velocity و slip velocity میتوانند سرعت نسبی یا سرعت عمود ذرات را مشخص کنند. اگر این سرعت کم باشد به مایه خیلی زود بکفر چه افتاد. معمولاً سرعت سقوط را تنها در جریان laminar حساب میکنند نه در جریان turbulent، اینهمه برای مایه سرعت سقوط در هر دو نوع جریان فرمولهای وضع شده است:

برای بدست آوردن سرعت سقوط در جریان laminar از یکی از فرمولهای زیر استفاده کنید:

$$(۴) \quad V_s = 32.14 \frac{GD^2(\rho_s - \rho_m)}{\mu}$$

$$(۵) \quad V_s = 53.5 \frac{VD^2(\rho_s - \rho_m)}{V \cdot PV + 6.65 \bar{P} \cdot (D_h - D_p)}$$

این فرمول Pigott است. در این فرمول:

در این فرمول:

- V_s : سرعت سقوط (FPS)
- G : شتاب ثقل زمین (برابر 32.2 ft/sec^2)
- D : قطر ذرات گرد یا بزرگترین بُعد ذرات بیش (ft)
- ρ_s : وزن مخصوص جامدات (PCF)
- ρ_m : وزن مخصوص گل (PCF)
- μ : گرانروی گل (cps)

- V_s : سرعت سقوط (FPS)
- V : متوسط annular velocity گل (FPS)
- D : قطر ذرات گرد یا بزرگترین بُعد ذرات بیش (in.)
- ρ_s : وزن مخصوص جامدات (PPG)
- ρ_m : وزن مخصوص گل (PPG)
- PV : پلاستیسیته ویسکوزیته گل (CPS)
- \bar{P} : بیلد اپونیت گل (100 lb/ft^2)
- D_h : قطر چه با قطر داخل لوله جاری (in.)
- D_p : قطر خارجی لوله ای حنای (in.)

فرمول Pigott نشان میدهد که برای کاهش V_s می توان :

۱- ρ_m یا وزن گل را افزایش داد

۲- AV را افزایش داد

۳- اندازه ذرات را کوچک کرد (اندازه ذرات تابع bit geometry و shear effect گل است)

تذکره- کاهش μ البته سبب کاهش V_s میشود کین در قابل کنترل نیست .

مثال : سرعت صعود (یا ascending velocity) ذرات کینگ را با داده ای زیر حساب کنید :

SG 2.4

وزن گل (ρ_m) 13 PPG

اندازه ذرات $\frac{1}{2}$ " by $\frac{1}{2}$ "

گردیزی (μ) 55 cps

annular velocity 150 FPM

شتاب تش زمین 32.2 ft/sec^2

حل : ابتدا سرعت سقوط ذرات را می سیم (فرمول پیگوت) :

$$V_s = 32.14 \frac{GD^2 (\rho_s - \rho_m)}{\mu} = 32.14 \frac{32.2 (\text{ft/sec}^2) \times (\frac{1}{24} \text{ft})^2 \times (150 - 97) \text{ PCF}}{55 \text{ cps}}$$

$$V_s = 1.71 \text{ FPS}$$

$$\text{سرعت صعود} = V - V_s = \frac{150}{60} - 1.71 = 0.79 \text{ FPS} = 47.4 \text{ FPM}$$

این سرعت صعود ممکن است از مقدار واقعی کمی بیشتر باشد زیرا در V_s به annular velocity ، چه در حالت gauge فرض کرده ایم

برای بدست آوردن سرعت سقوط ذرات جابه درجه μ تربولنت از یک از فرمولهای زیر استفاده کنید :

$$(۶) \quad V_s = 3.5 \frac{\sqrt{D(\rho_s - \rho_m)}}{\rho_m}$$

در این فرمول :

V_s : سرعت سقوط (FPS)

D : قطر ذرات گرد یا بزرگترین بعد ذرات بی شکل (ft)

ρ_s : وزن مخصوص جامدات (PCF)

ρ_m : وزن مخصوص گل (PCF)

$$(۷) \quad V_s = \sqrt{\frac{D(\rho_s - \rho_m)}{\rho_m}}$$

در این فرمول :

V_s : سرعت سقوط (FPS)

D : قطر ذرات گرد یا بزرگترین بعد ذرات بی شکل (in.)

ρ_s : وزن مخصوص جامدات (PPG)

ρ_m : وزن مخصوص گل (PPG)

بروس و ویلیامز در دو جمله پایان گزارش خود میگویند: "باین دلایل باید کوشش کرد که کنده ها و ذرات معلق در گل دور از دیواره با لوله و بصورت flat در برین گل واقع شوند و این با حفظ جریان تربولنت در annulus میسر است." تئوری آنها در حقیقت اینست که velocity profile تحت تر جریان تربولنت، سبب افزایش ظرفیت حمل گل صاف شده است. اینک با توجه باین نتیجه تم باید دید آیا میتوان velocity profile جریان لاینار را که سهی است بصورت تخت در آورد؟

در فصل سوم، آنجا که از گلهای صاف مدل پورلا سخن گفتیم نشان داریم که:

$$n = \frac{\log \frac{\theta_{PV}}{\theta_{YP}}}{0.30103}$$

اگر در کسر $\frac{\theta_{PV}}{\theta_{YP}}$ بجای θ_{PV} و θ_{YP} مقادیرشان را بر حسب PV و YP قرار دهیم و کسر ساده کنیم آنگاه فرمول فوق ب شکل زیر در خواهد آمد:

$$n = \frac{\log \frac{YP + 2PV}{YP + PV}}{0.30103}$$

این فرمول نشان میدهد که n تابعی است از PV و YP. اگر PV را ثابت فرض کنیم آنگاه n تابعی نزولی از YP خواهد بود زیرا مستقیماً آن بازو مقادیر معنی دار YP همواره منفی است:

$$\frac{dn}{d(YP)} = -(\log \frac{e}{2}) \frac{PV}{(YP + PV)(YP + 2PV)}$$

و اگر YP را ثابت فرض کنیم آنگاه n تابعی صعودی از PV خواهد بود زیرا مستقیماً آن بازو هم مقادیر معنی دار PV همواره مثبت است:

$$\frac{dn}{d(PV)} = +(\log \frac{e}{2}) \frac{YP}{(YP + PV)(YP + 2PV)}$$

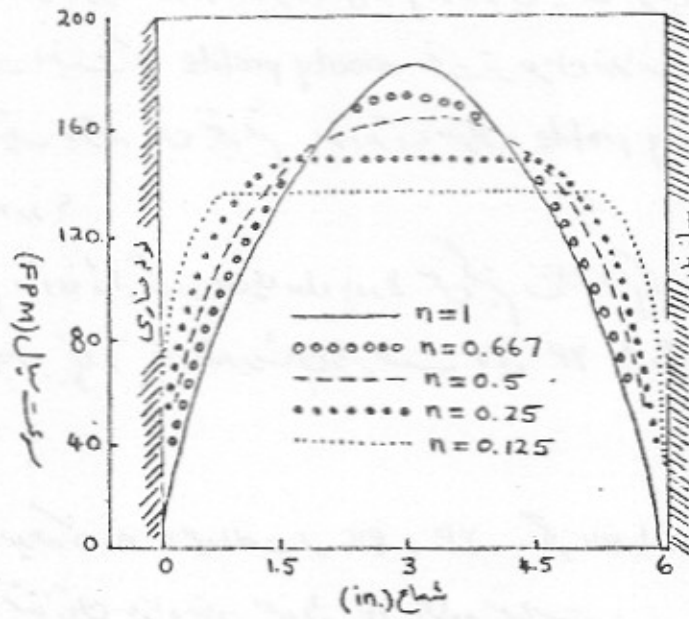
بنابراین وقتی تغییرات n با تغییرات PV همسو و با تغییرات YP ناهمسو باشد میتوان نتیجه گرفت که تغییرات n با تغییرات $\frac{PV}{YP}$ نیز همسو خواهد بود یعنی هر چه $\frac{PV}{YP}$ کوچکتر شود، n نیز کوچکتر میشود.

به شکل ۹، نگاه کنید. هر چه که n کمتر میشود velocity profile بیشتر تخت میشود تا آنجا که بازو عملاً velocity profile جریان لاینار، خیلی شبیه velocity profile جریان تربولنت و یا پلاگ منو میشود. توجه باین نکته ضروری است که velocity profile، تنها وسیله نسبت $\frac{PV}{YP}$ معین میشود نه بواسطه اندازه های PV و YP (شکل ۱۱). در مواردی که n بین ۰.۶ تا ۰.۷ رضایت بخش است.

پس بخاطر سپارید که اگر YP زیاد شود $\frac{PV}{YP}$ کم میشود، n کم میشود و ظرفیت حمل گل افزایش پیدا میکند.

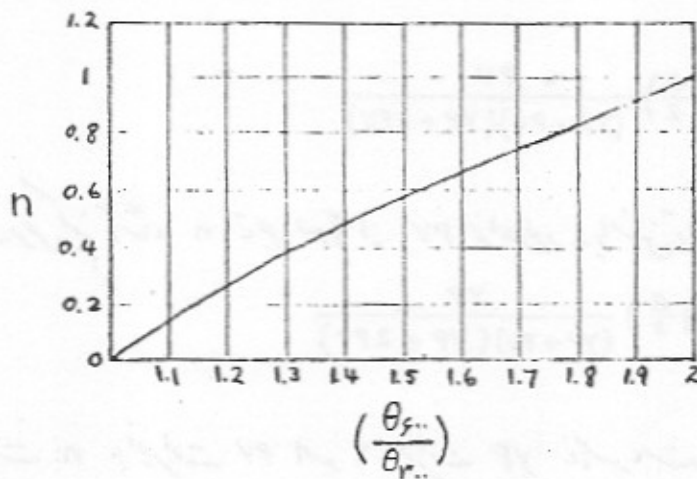
افزایش ظرفیت حمل گل از راه کاهش دادن نسبت $\frac{PV}{YP}$ ، خصوصاً در مورد گلهای سبک وزن که وزن آنها کمتر از ۹۰ PCF است مؤثر میباشد. با اینهمه تعداد مواردی که در تیز کردن ته چاه با اشکالات در بردن مایه از این روش استفاده کنید چرا که افزایش YP باعث افزایش افت فشار در annulus شده و ECD را زیاد میکند و این امر

مقدار است مجرب گزیده گل رس در دهی در طی این تر، وزن گل، خود به از این ظرفیت گل تک میزند و در این گونه
 مورد نسبت $\frac{PV}{YP}$ معرلاً زیاد است. مثلاً در یک گل ۱۰۸ PCF که $PV=33$ ، $YP=15$ است $n=0.76$ میآید.



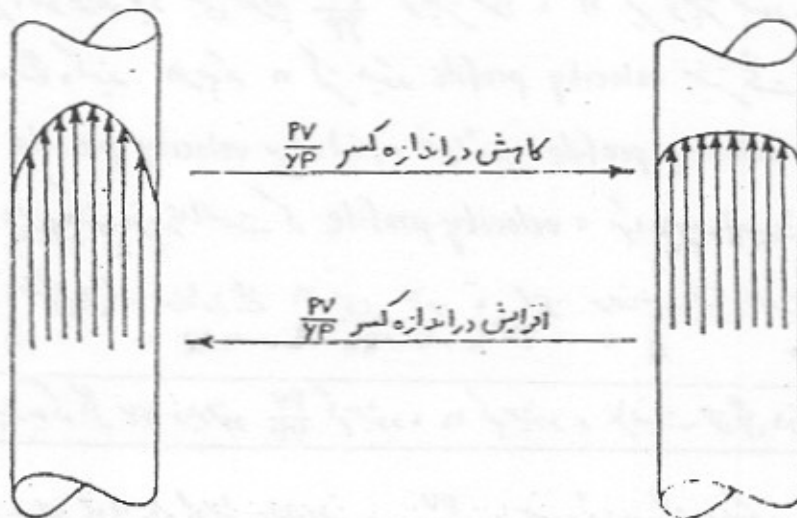
شکل ۹

جهت سرعت میسر شده
 در annulus ۴ ۱/۲
 ۱۲ ۱/۴، و در این فضای ۴ ۱/۲
 متوسط سرعت گل ۱۲۰ فوت
 در دقیقه بوده است



شکل ۱۰

ماسب n برای
 سیالات پلاستیک



شکل ۱۱ - اثر تغییرات $\frac{PV}{YP}$ روی velocity profile

افت فشار سیالی که در سایکلیک حرکت میکند

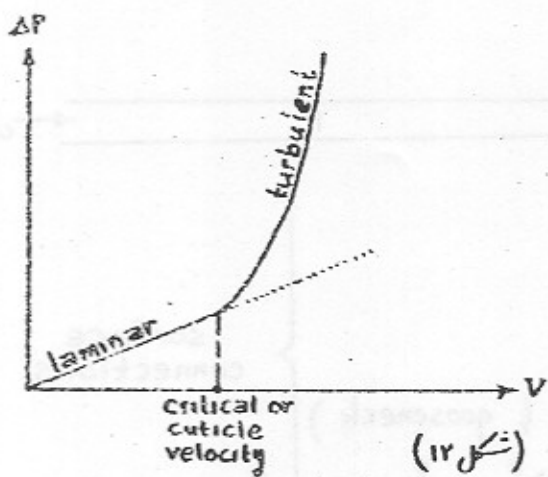
برگانه سیال در لوله ای جریان داشته باشد - خواه سیال آب باشد یا گاز یا هوا یا یک گل حقیقی - برای آنکه جریان ادامه داشته باشد باید همواره فشاری پشت سیال باشد. وجود نیروی اصطکاک بین سیال و لوله و همچنین بین ذرات خود سیال باعث میشود که این فشار در طول مسیر حرکت سیال بتدریج کاهش پیدا کند. مثلاً اگر فشار در ابتدای خط لوله P_1 بوده است، فشار در انتهای آن P_2 خواهد شد بطوریکه $P_2 < P_1$ است. تفاضل این دو مقدار فشار را افت فشار (pressure drop) میگویند و با ΔP نشان میدهند. پس $\Delta P = P_1 - P_2$

افت فشار بستگی عوامل متعددی دارد که در زیر شرح آنها میپردازیم :

۱- افت فشار با طول لوله نسبت مستقیم و با قطر داخلی آن نسبت معکوس دارد. این بیان معنی است که اگر شعاع است فیزیکی سیال (از قبیل وزن مخصوص، ویسکوزیته، سرعت و غیره) ثابت باشد، هر چه طول لوله زودتر و یا قطر داخلی آن کمتر شود، افت فشار هم نسبت بیشتر خواهد شد.

۲- افت فشار بستگی به geometry حرکت سیال دارد. هر چه خط لوله صافتر و خمیدگی، پستی و بلندی، تعداد زانوها و سایر اتصالات آن کمتر باشد، افت فشار هم کمتر خواهد بود. هم چنین هر چه عبور از داخل لوله مستقیم تر و زبری آن کمتر باشد، اصطکاک بین سیال و عبور هم کمتر میشود در نتیجه افت فشار نیز کمتر خواهد شد.

۳- افت فشار به سرعت حرکت سیال و نوع جریان آن بستگی دارد. درینولذ افت فشار در لوله استوانه ای



(شکل ۱۲)

افتی با زاویه شار در لوله سرعت سیال اندازه گرفت و این نتیجه رسید که در سرعت های کم که نوع جریان سیال laminar است، افت فشار نسبتاً متناسب است با سرعت لیکن با افزایش سرعت، لحظه ای فرا میرسد که شکل جریان عوض شده و از laminar به turbulent تبدیل میگردد. از این لحظه بعد، تغییرات ΔP با زاویه تغییرات V تصاعدی خواهد شد یعنی افت فشار متناسب با توان از سرعت میگردد

($\Delta P \propto V^n$) هر چه عبور از داخل لوله صافتر و مستقیم تر باشد، n کمتر خواهد شد (شکل ۱۲)

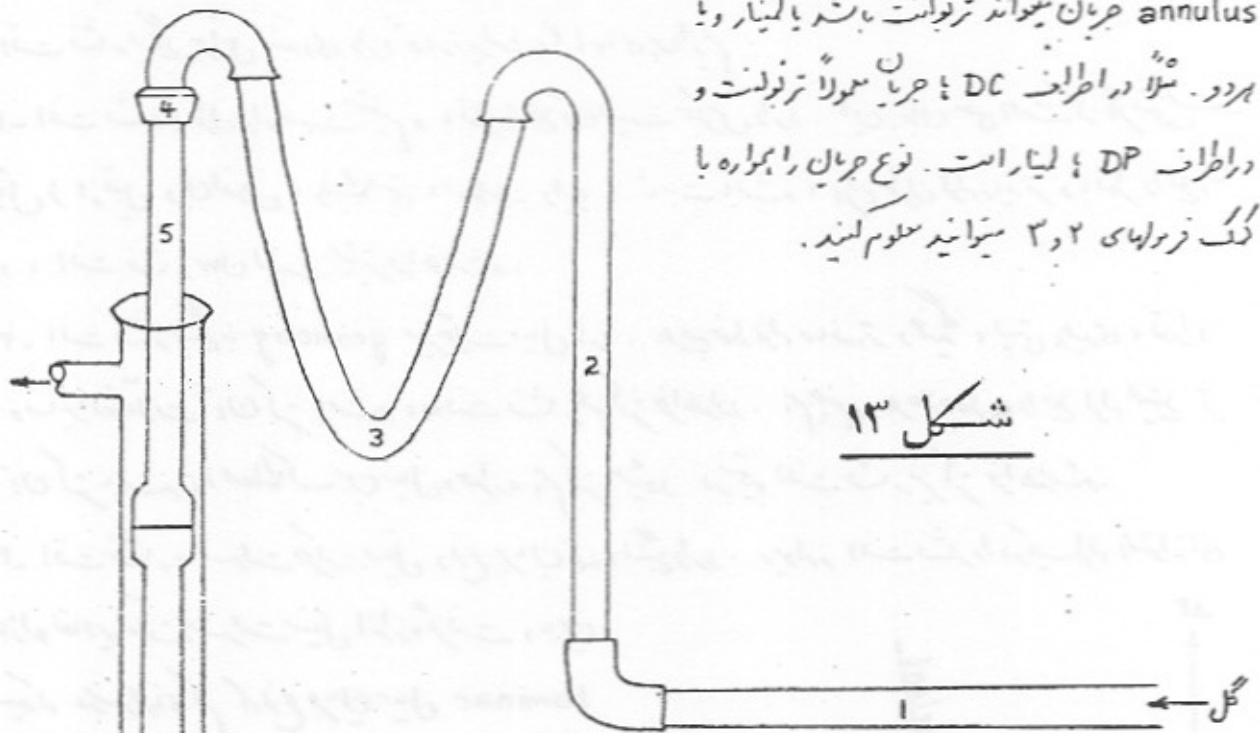
۴- افت فشار، به خواص فیزیکی سیال (از جمله μ , ρ , MW) نیز بستگی دارد. بزرگی فرمولهای افت فشار در جریانهای laminar و turbulent برای سیالات مدل پلانکینگ نیلهم (صفحه ۱۳۲) نشان میدهد که :

الف- در جریان laminar «میل موثر در افت فشار عمدتاً μ است هر چند ρ هم به تأثیر مثبت

ب- در جریان turbulent «میل موثر در افت فشار عمدتاً ρ , MW است و μ به تأثیر مثبت.

در یک دستگاه گردش گل حفاری ، فشار لازم برای برسان یافتن گل از یک پمپ یا یک کمپرسور تأمین میگردد .
 افت فشار از discharge (یا فرودی) پمپ شروع شده و در flowline (یا فرودی چاه) ختم میشود . البته
 هر چه عمق چاه زیادتر شود ، افت فشار هم زیادتر میشود و در نتیجه ، فشار لازم برای گردش در آوردن گل توسط پمپها
 نیز زیادتر خواهد شد . در شکل ۱۳ ، قسمتهای مختلف دستگاه گردش گل که در آنها فشار افت میکند و در شکل ۱۴ ،
 میزان این افت فشار ، بطور مناسبتی (نه بطور دقیق) نشان داده شده است . نوع جریان ، از فرودی به چاه گرفته

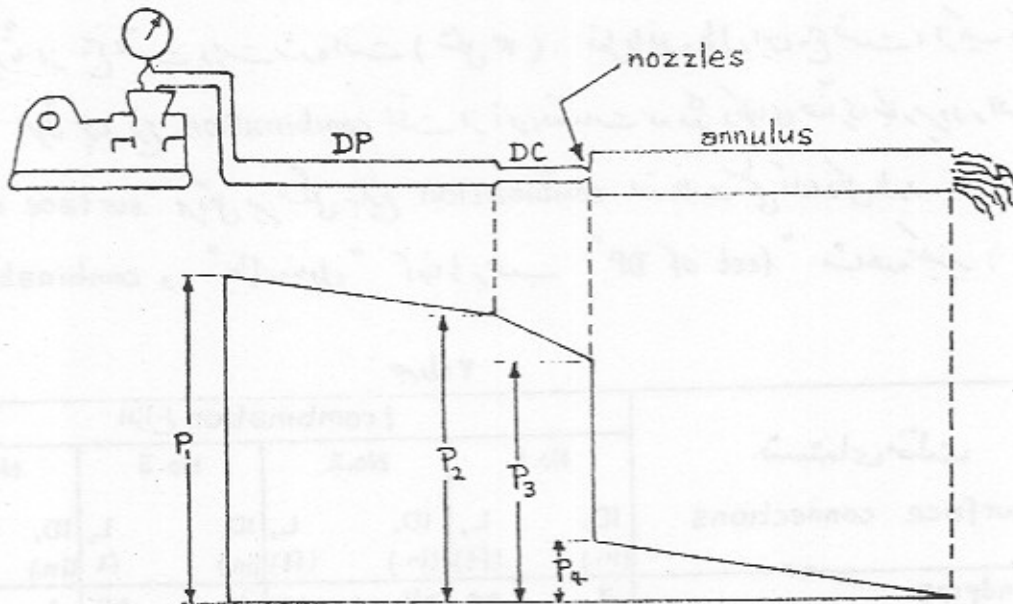
تا بعد از همه ای ته ، تربولنت است کین در داخل
 annulus جریان میتواند تربولنت باشد یا لینار و یا
 هر دو . مثلاً در اطراف DC ؛ جریان معمولاً تربولنت و
 در اطراف DP ؛ لینار است . نوع جریان را همواره با
 کف فرورهای ۲ و ۳ میتوانید معلوم کنید .



شکل ۱۳

- 1- mud line
 - 2- standpipe
 - 3- rotary hose
 - 4- swivel (washpipe & gooseneck)
 - 5- kelly (& kelly cock)
 - 6- DP_s
 - 7- DC_s
 - 8- bit nozzles
 - 9- around DC_s
 - 10 around DP_s
- } surface connections
- } annulus

شکل ۱۴



P_1 = فشار تولید شده توسط پمپ

$P_1 - P_2$ = افت فشار در لوله های عماری

$P_2 - P_3$ = افت فشار در لوله های وزنی

$P_3 - P_4$ = افت فشار در عمه های مت

P_4 = افت فشار در دالان

بنابراین، circulating pressure یا surface pump pressure عبارتست از فشار پمپ لازم برای برداشتن درآوردن گل (یا آب) در دستگاه گردش گل با سرعتی معین. در حدود ۸۰ درصد این فشار در قفل عمه ها رسته از بین میرود و فقط ۱۰ تا ۲۰ درصد این فشار روی سازند اعمال میشود مگر آنکه لوله خروجی چاه (یعنی discharge flow line) و یا annulus بطرفی بسته شود. در این صورت پمپ ها هر چه فشار تولید کنند، روی سازند اعمال خواهد شد.

شکل فرق، افت فشار را در قسمتهای مختلف دستگاه گردش گل عماری بصورت شماتیک نشان میدهد.

محاسبه افت فشار در سیستم گران ش گل حفاری (دقیقه گل، مدل پلاستیک، یکبارم باشد)

الف - محاسبه افت فشار در surface connections

surface connections عبارتست از مجموعه لوله ها، اتصالات آنها، بین فرودهای پمپهای گل تا ابتدای لوله های حفاری و عمدتاً از پنج قسمت درست شده است (شکل ۱۳). قطر داخلی و طول این پنج قسمت، از یک دکل به دکل دیگر فرق میکند. معمولاً چهار نوع combination مختلف از این تصامیم در روی دکهای حفاری یکبارم در وقت فشار در surface connections بر دکل نیز بستگی به نوع combination اتصالات سطحی آن دکل دارد. در جدول زیر این چهار نوع combination و "طول سادل" آنها را بر حسب "feet of DP" مشاهده میکنید:

جدول ۲

قسمتهای مختلف surface connections	انواع combination								
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		
	ID, (in.)	L, (ft)	ID, (in.)	L, (ft)	ID, (in.)	L, (ft)	ID, (in.)	L, (ft)	
standpipe	3	40	3½	40	4	45	4	45	
drilling hose	2	45	2½	55	3	55	3	55	
swivel (washpipe & gooseneck)	2	4	2½	5	2½	5	3	6	
kelly	2¼	40	3¼	40	3¼	40	4	40	
DP		"طول سادل" برای surface connections بر حسب "feet of DP"							
OD, (in.)	وزن, (PPF)								
3½	13.3	437		161		479		340	
4½	16.6			761		816		579	
5	19.5								

روش محاسبه افت فشار در surface connections یک دکل بخصوص، باین طریق است که ابتدا نوع ترکیب یا combination آنرا معلوم میکنیم و بعد از روی جدول فوق "طول سادل" آنرا بر حسب "feet of DP" مشخص مینمائیم. با داشتن طول DP و میزان افت فشار در آنها (صنحه ۱۳۴) میتوانیم بک یک تناسب ساده میزان افت فشار در surface connections مورد نظر پیدا کنیم. مثال: اگر طول DP ۵۱۵ اینچ در یک چاه ۹۶۰۰ فوت و افت فشار در آنها ۶۵۰ PSI باشد، surface connections دکل مورد نظر دارای ترکیب شماره ۴ باشد، افت فشار را در آن حساب کنید. حل: طبق جدول فوق، "طول سادل" اتصالات سطحی این دکل "579 ft" است. بنابراین

$$\frac{9600}{579} \quad \frac{650 \text{ PSI}}{?} \quad \text{افت فشار} \rightarrow ? = \frac{579 \times 650}{9600} = 39.2 \text{ PSI}$$

برای سیستم انتقال فشار یک سیال در داخل یک لوله انتقالی، ابتدا باید "نوع جریان" سیال را در لوله باقیم
- جی جیم - آن تعیین کرد. این دو صورت $laminar$ حرکت سیر: صورت $turbulent$ - وری این، صورت سیریم
سرعت حرکت سیال را در داخل لوله با سرعت بحرانی آن مقایسه کنیم.

سرعت بحرانی یا $critical\ velocity$ ، با نظریه لگنه شد (معم ۱۲۹، شکل ۱۲) سرعتی است که اگر سرعت
سیال از آن تجاوز کند، نوع جریان سیال از لاینار به تربولنت عوض میشود. سرعت بحرانی را بحرف V_c نشان میدهند و
مقدار آن برای سیالی که در یک لوله انتقالی حرکت میکند از فرمول زیری سبب میشود:

$$(۸) \quad V_c = 1.08 \frac{\bar{P}V + \sqrt{\bar{P}V^2 + 12.34 d^2 (\bar{M}W)(\bar{Y}P)}}{d(\bar{M}W)}$$

در این فرمول:

V_c : سرعت بحرانی (FPS)

$\bar{P}V$: پلاستیک ویسکاسیتی (CP)

$\bar{Y}P$: بیلد پونیت ($lb_f/100 ft^2$)

$\bar{M}W$: وزن سیال (PPG)

d : قطر داخلی لوله (inch)

$$(۹) \quad V = 0.4085 \frac{\text{Pump Output (GPM)}}{d^2}$$

سرعت حرکت سیال در لوله هم از این فرمول میسبب میشود:

(توجه کنید: این فرمول شکل خاصی است از فرمول ۲)

در این فرمول:

d : قطر داخلی لوله (inch)

V : سرعت حرکت سیال در لوله (FPS)

اگر سرعت حرکت سیال در داخل لوله کمتر از سرعت بحرانی باشد (یعنی $V < V_c$ باشد)، "نوع جریان" سیال
لاینار است. در غیر این صورت سیال، جریان تربولنت حرکت میکند.

بهذا آنکه "نوع جریان" سیال در لوله معلوم شده، انت فشار سیال را میتوان سبب کرد.

اگر نوع جریان سیال لاینار است، انت فشار از فرمول زیر که فرمول سببلام معروف است بدست میآید:

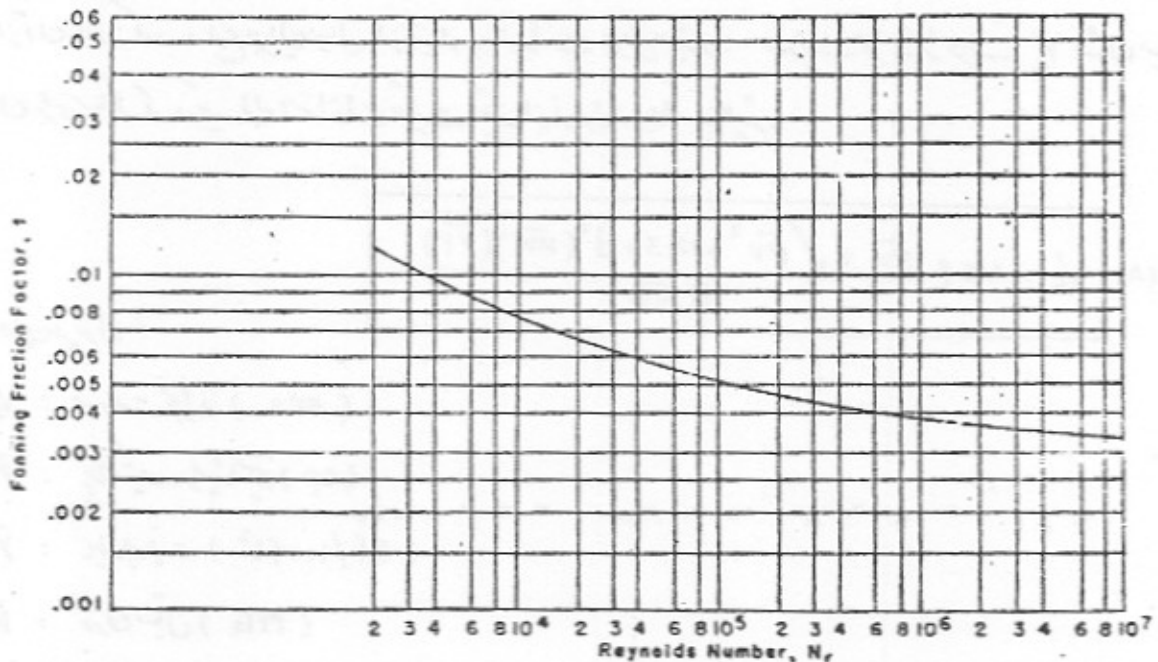
$$(۱۰) \quad \Delta P = \frac{\bar{P}V \cdot L \cdot V}{1500 d^2} + \frac{\bar{Y}P \cdot L}{225 d}$$

در این فرمول، L ، طول لوله بر حسب ft است.

و چنانچه نوع جریان سیال تربولنت است ، افت فشار از فرمول زیر کاسه می شود :

$$(11) \Delta P = \frac{f \cdot L \cdot MW \cdot V^2}{25.8 d}$$

در این فرمول ، f ضریب اصطکاک است نام (Fanning friction factor) که واحد برارد در فرورد و البته بیک کیفیت بدون واحد دیگر - یعنی عدد رینولدز - است - و از روی آن بدست می آید رابطه f و عدد رینولدز در جدول زیر نشان داده شده است :



Graph 1 Friction Factors for Smooth Steel Pipe

شکل ۱۵

ذکر یک - تقسیم کنیم (منهم) ، در جریان laminar ، عامل موثر در افت فشار عدد γP می است هر چند PV هم به تاثیر غایت . این مطلب را اینک از روی فرمول ۱۰ ، بجز به میزان در یافت . طرف راست این فرمول از بخش درست شده است : $\frac{\overline{PV} \cdot L \cdot V}{1500 d^2}$ و $\frac{\overline{YP} \cdot L}{225 d}$. ملاحظه کنید که بخش $\frac{\overline{PV} \cdot L \cdot V}{1500 d^2}$ در مثال بخش $\frac{\overline{YP} \cdot L}{225 d}$ بیدار چیز است (چرا ؟) بنابراین ΔP بیشتر ناشی از بخش دوم (یعنی ناشی از $\frac{\overline{YP} \cdot L}{225 d}$) است . این بدان معنی است که افت فشار بیشتر متأثر از \overline{YP} می است ، PV آن .

در همان صحنه باز تقسیم کنیم که در جریان turbulent ، عامل موثر در افت فشار عدد MW ، PV می است و \overline{YP} به تاثیر است . این مطلب را نیز از روی فرمول ۱۱ ، میزان بجز به نمید . طبق این فرمول ، ΔP مستقیماً با MW و f ، (البته ΔP به L ، d و V هم بستگی دارد) بستگی دارد که با بررسی بستگی مستقیم ΔP به عوامل زیر می می و مشخصاً MW ، PV ، \overline{YP} است) ΔP مستقیماً بستگی دارد به PV (چرا ؟) بنابراین ، افزایش MW ، PV می ، ΔP آن نیز زیاد می شود و حال آنکه \overline{YP} در این فرمول اصلاً تأثیر نداشته است یعنی که تغییراتش بر روی ΔP بی اثر است . از طرفی می دانیم که نوع جریان می می در درون DP ، DC ؛ مگر آن تربولنت است و بنابراین ، افت

ت رگل در این قسمت از راه بستن دارد MW و PV گان . MW که بر سید سازند دلیته میشود ، PV هم که اثر قابل ملاحظه ای روی ΔP ندارد (چرا؟) بنابراین در مان سیستمی گکل برای کاهش ΔP در DP ، DC ، - که گکل در داخل آنها جرابی تلاطم دارد - کارسیت تقریباً بهبوده و به تر-

تذکرده - ΔP برای جریان laminar از ΔP برای جریان turbulent کمتر است (X) از طرفی ΔP یافت فشار در حقیقت نیروی اصطکاک است که پمپهای گکل باید از عمده خستی گردش برآیند تا بتوانند گکل را بگردش در آورند. بنابراین انرژی لازم برای گردش در آوردن یک گکل با جریان laminar کمتر از انرژی لازم برای گردش در آوردن همان گکل با جریان turbulent است. بعبارت دیگر ، برای ایجاد انرژی معین در circulation rate گکل با جریان turbulent ، انرژی زیادتری لازم داریم تا برای ایجاد همان اندازه افزایش در circulation rate همان گکل و فنید جریانش لینار است.

پ - محاسبه افت فشار در همه های ته

همانطوریکه از شکل ۱۴ برسیاید ، قسمت عمده افت فشار سیستم گردش گکل ، در محل همه های ته رخ میدهد. اگر قطر همه را در طول آن یکسان فرض کنیم ، آنگاه میزان افت فشار گکل را به مقام عبور از ته ، از فرمول زیر بدست آورد:

$$(۱۲) \quad \Delta P = \frac{MW \times [\overline{PO}]^2}{6698.3 n^2 d^4}$$

در این فرمول:

MW : وزن گکل (PPG)

PO : Pump Output (بر حسب GPM)

d : قطر همه (in.)

n : تعداد همه های ته (همه های ته اندازه اند)

گکل ، هنگام خروج از همه های ته ، حداکثر سرعت خود را در طول مسیر گردشش پیدا میکند. برای بدست آوردن jet velocity (یا سرعت خروج گکل از همه های ته) از فرمول زیر استفاده کنید:

$$(۱۳) \quad V_j = 0.4085 \frac{\text{GPM thro' one nozzle}}{d^2} = 0.4085 \frac{\overline{PO}}{nd^2}$$

(این فرمول را با فرمول ۹ ستایس کنید)

در این فرمول V_j بر حسب FPS است.

(X) اینلیمتران با شال عددی نشان دارد.

ت. مناسب افت فشار در annulus

annulus رانیز میزان لوله ای تصور کرد با قطر $(D-d)$ که در آن D ، قطر داخلی لوله بزرگ (یا چاه) و d ، قطر خارجی لوله درو است و برای است که این مقدار، یعنی $D-d$ ، در مقاطع مختلف چاه فرق میکند. بنابراین برای مناسب افت فشار در بخش های مختلف annulus از همان روشی استفاده میکنیم که در قسمت "ب" برای مناسب افت فشار در درو DP و DC ذکر کردیم: ابتدا سرعت گسل را با سرعت مجزای آن مناسب میکنیم، "نوع جریان" گسل در آن بخش مورد نظر از annulus معلوم شود.

$$(14) \quad V_c = 1.08 \frac{\bar{P}V + \sqrt{\bar{P}V^2 + 9.256(D-d)^2 \cdot \bar{M}W \cdot \bar{Y}P}}{(D-d) \bar{M}W}$$

$$(15) \quad V = 0.4085 \frac{\text{Pump Output (GPM)}}{D^2 - d^2}$$

برای جریان لینار (که $V \leq V_c$ است) افت فشار از این فرمول بدست می آید:

$$(16) \quad \Delta P = \frac{L \cdot V \cdot \bar{P}V}{1000(D-d)^2} + \frac{L \cdot \bar{Y}P}{200(D-d)}$$

و برای جریان ترابولنت (که $V > V_c$ است) افت فشار از این فرمول مناسب میشود:

$$(17) \quad \Delta P = \frac{f \cdot L \cdot V^2 (\bar{M}W)}{25.8(D-d)}$$

در اینجا نیز f همان ضریب اصطکاک Fanning فرمول ۱۱ میباشد، تابع عدد رینولدز است و مقدار آن از روی شکل ۱۵ تعیین میشود.

تذکره - پس از مناسب افت فشار در مقاطع مختلف annulus، آنها را با هم جمع کنید تا گسل افت فشار در annulus بدست آید. اینک با داشتن ΔP گسل در annulus میتوان BHCP، ECD را حساب کرد:

$$(18) \quad \text{BHCP} = \text{Hydrostatic Pressure} + \Delta P|_{\text{ann.}}$$

$$(19) \quad \text{ECD} = 19.25 \frac{\text{BHCP}}{\text{T.D.}}$$

در فرمول ۱۸، واحد هر چه ΔP (PSI) است. در فرمول ۱۹، T.D. عمق چاه بر حسب فوت و ECD بر حسب PPG باشد. مناسب ECD باید دقیق صورت گیرد زیرا در زمانی سازنده ها حس به فشار میکنند، ECD گسل حائز اهمیت بسیار است.

بنظر کاهش صدات وارد سازنده ها و گشتن گل در آنها و نیز برای پایداری بیشتر دیواره چاه و جلوگیری از ریزش آن، بسیار موثر خواهد بود اگر انت فشار در annulus مجدداً برآید. DP در annulus باید فقط آنقدر باشد که گل بتواند کوزه ای حفاری را براحتی بالا آورده و ته چاه را تمیز کند. بیش از این مقدار، DP میتواند صدات موفری به دیواره چاه وارد آورد و با ایجاد شکافهایی در آن، اسباب فرسایش و ریزش آنرا در چاه فراهم کند.

بجز در اطراف DC که جریاً معمولاً ترولنت است، در بخش اعظم annulus (یعنی اطراف DF) نوع جریان غالباً لینار است. فرمول ۱۶ که توسط آن، انت فشار در annulus برای جریان لینار کاسب میشود، نشان میدهد که DP بطور موثر به YP گل بستگی دارد تا به PV آن. بنابراین، در مان شیمیایی گل بنظر کاهش YP (و PV آن)، راهی است عملی برای کاهش انت فشار در annulus .

لازم به تذکر است که هر عایلی که بتواند annular velocity را کاهش دهد - مثل کم کردن SPM پمپها و یا انتخاب DP و DC های با قطر خارجی کمتر - میتواند در کاهش انت فشار در annulus نیز موثر باشد. گل حفاری در هر قسمت از مسیرش یک وظیفه اصلی عمده دارد مثل در annulus باید بتواند کوزه را بجزئی عمل کند، با ایجاد اندود روی دیواره چاه جلوگیری از ریزش گل را بگرد، پایداری و ثبات چاه را تأمین کند و غیره. در حالیکه همین گل، هنگام عبور از ته، وظیفه اصلی تمیز کردن ته چاه از کوزه را بر عهده دارد. بنظر سرعت بخشدین به حفاری است و این میسر نمیشود مگر آنکه گل با فشار کافی از ته بگذرد. دیدیم که فشار گل از لحظه ای که پمپ را ترک میکند تا وقتی که به ته میرسد بخاطر اصطکاک بین راه، مقداری انت میکند. هر چه که این انت فشار کمتر باشد، البته گل با فشار بیشتری از ته خارج میشود و لذا توانایی آن در تمیز کردن ته چاه بیشتر میشود. اگر فشار گل هنگام عبور از ته کافی نباشد، ته بجای آنکه ته چاه را حفاری کند، کوزه هائی را که قبلاً کوزه است حفاری خواهد کرد و آنها را مرتباً نرم و زتر خواهد کرد که این خود میتواند کیفیت گل را بشدت تغییر داده و سطح از نظر solids control بوجود آورد.

در هنگام فرستادن برانه هاییدرولیک یک گل حفاری باید کوشش نمود که انت فشار در لوله ای حفاری را بچنین در annulus حداقل باشد تا آنکه فشار تولید شده توسط پمپهای گل بیشتر و کمی کمتر گردد.

(volume output) و (pressure output) یک پمپ بستگی به چهار عامل دارد: SPM یا سرعت پمپ،

اندازه rod و liner ، طول ضرب و بازده یا راندمان پمپ. بسیاری از پمپهای گل

با (۸۵ درصد $\text{mechanical efficiency}$) و (صدها درصد $\text{volumetric efficiency}$) کار میکنند.

کوچک کردن اندازه liner پمپ، volume output را کاهش میدهد لیکن pressure output را زیاد میکند

کنید با ذکر یک مثال عددی جامع، کاربرد این فرمولها را در محاسبه انت فشار سیستم گردش گل چاه روشن کنیم:

WELL DATA

drilling depth.....	10000'
bit size (or hole diameter).....	9 7/8"
DPs.....	9600' ; 5" OD by 4.276" ID ; 19.5 #/ft
DCs.....	400' ; 7 3/4" OD by 3" ID
TJs.....	6 1/4" OD by 3 3/4" ID ; X-Hole
annular velocity.....	135 FPM
MW.....	12 PPG
PV.....	43 cps
YP.....	20 lbf/100 ft ²

تسه از نوع Rock Bit با سه مخروط و قهز به سه فواره ، بریک قطر " 3/8" میباشد . نوع ترکیب اتصالات سطحی ، شماره " ۴" است (جدول ۲)

مطلوبت مناسب :

۱- افت فشار در قسمتهای مختلف دستگاه گردش گل (بر حسب PSI)

(a) در surface connections

(b) در داخل DP ، DC

(c) در کمره های مته

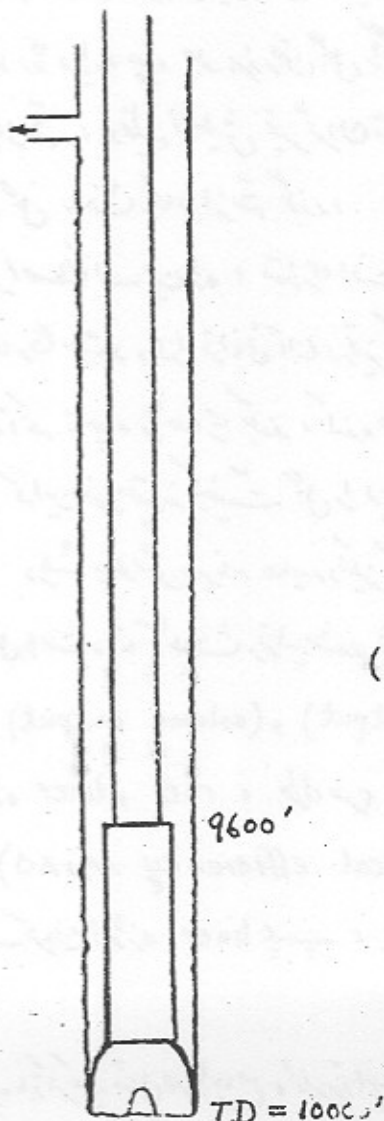
(d) در annulus

۲- سرعت خروج گل از کمره های مته (FPS)

۳- ECD ، BHCP

۴- discharge pressure (یا فشار خروجی) پمپهای گل (بر حسب PSI)

۵- توان لازم برای پمپهای گل (بر حسب اسب بخار)



حل - ابتدا سرعت جریان را در قسمتهای مختلف چاه برآوردیم.

$$V_c \text{ در لوله} = 1.08 \frac{\bar{P}V + \sqrt{\bar{P}V^2 + 12.34 d^2 (\bar{M}W)(\bar{Y}P)}}{(\bar{M}W) d} \quad (\text{فرمول ۸})$$

$$\text{؛ DP در داخل } V_c = 1.08 \frac{43 + \sqrt{43^2 + 12.34 (4.276)^2 \times 12 \times 20}}{12 \times 4.276} = 5.87 \text{ FPS}$$

$$\text{؛ DC در داخل } V_c = 1.08 \frac{43 + \sqrt{43^2 + 12.34 (3)^2 \times 12 \times 20}}{12 \times 3} = 6.34 \text{ FPS}$$

$$V_c \text{ در لایه} = 1.08 \frac{\bar{P}V + \sqrt{\bar{P}V^2 + 9.256 (D-d)^2 (\bar{M}W)(\bar{Y}P)}}{(\bar{M}W)(D-d)} \quad (\text{فرمول ۱۴})$$

$$\text{؛ DC در } V_c = 1.08 \frac{43 + \sqrt{43^2 + 9.256 (9\frac{7}{8} - 7\frac{3}{4})^2 \times 12 \times 20}}{12 (9\frac{7}{8} - 7\frac{3}{4})} = 6.42 \text{ FPS}$$

$$\text{؛ DP در } V_c = 1.08 \frac{43 + \sqrt{43^2 + 9.256 (9\frac{7}{8} - 5)^2 \times 12 \times 20}}{12 (9\frac{7}{8} - 5)} = 5.10 \text{ FPS}$$

برای آنکه بتوانیم سرعت گسل را در قسمتهای مختلف برآوردیم تا آنجا که با سرعت مجزا آن قسمت مناسب کنیم، باید volume output پمپ را برآوردیم. ابزار ازروی annular velocity گسل برآوردیم:

$$\text{Annular Velocity (FPM)} = \frac{24.51 \text{ Pump Output (GPM)}}{D^2 - d^2} \quad (\text{فرمول ۲})$$

$$135 = \frac{24.51 \times \bar{P}O}{(9\frac{7}{8})^2 - (5)^2}$$

$$\bar{P}O = 400 \text{ GPM}$$

$$V \text{ سرعت در لوله} = 0.4085 \frac{\bar{P}O \text{ (GPM)}}{d^2} \quad (\text{فرمول ۹})$$

$$\text{؛ DP در داخل } V = 0.4085 \frac{400}{(4.276)^2} = 8.93 \text{ FPS}$$

$$\text{؛ DC در داخل } V = 0.4085 \frac{400}{(3)^2} = 18.15 \text{ FPS}$$

$$V \text{ سرعت در لایه} = 0.4085 \frac{\bar{P}O \text{ (GPM)}}{D^2 - d^2} \quad (\text{فرمول ۱۵})$$

$$\text{؛ DC در } V = 0.4085 \frac{400}{(9\frac{7}{8})^2 - (7\frac{3}{4})^2} = 4.36 \text{ FPS}$$

$$\text{؛ DP در } V = 0.4085 \frac{400}{(9\frac{7}{8})^2 - 5^2} = 2.25 \text{ FPS} \quad \therefore V = \frac{135 \text{ FPM}}{60 \text{ (sec/min)}} = 2.25 \text{ FPS}$$

تایه ص با چا در قسمتهای مختلف چه نشان میدهد که :

الف. در داخل DP ؛ نوع جریان متلاطم است.

ب. در داخل DC ؛ نوع جریان متلاطم است.

پ. در DC ؛ نوع جریان آرام است.

ت. در DP ؛ نوع جریان آرام است.

اینک میزانیست افت فشار در بخش ورودی در شاه گردن گل و سایه کنیم :

a- در surface connections. سایه است فشار در این قسمت متراکم است به سایه است افت فشار در

داخل DP ؛

b- در داخل DP ؛

$$Re = 928 \frac{(\overline{MW}) v \cdot d}{\overline{PV}} = 928 \frac{12 \times 8.93 \times 4.276}{43} = 9889$$

با بک شکل ۱۵، خواهیم داشت : $f = 0.0077$

$$\Delta P = \frac{f \cdot L \cdot v^2 \cdot \overline{MW}}{25.8 d} = \frac{0.0077 \times 9600 \times (8.93)^2 \times 12}{25.8 (4.276)} = 641.2 \text{ PSI}$$

پس :

در داخل DC ؛

$$Re = 928 \frac{\overline{MW} \cdot v \cdot d}{\overline{PV}} = 928 \frac{12 \times 18.15 \times 3}{43} = 14101$$

با بک شکل ۱۵، خواهیم داشت : $f = 0.0072$

$$\Delta P = \frac{f \cdot L \cdot v^2 \cdot \overline{MW}}{25.8 d} = \frac{0.0072 \times 400 \times (18.15)^2 \times 12}{25.8 (3)} = 147.1 \text{ PSI}$$

پس :

بزرگترین به قسمت (a). چون ترکیب اتصالات سطحی از نوع "شماره ۴" میباشد، طبق جدول ۲ صفحه ۱۱۳۲ "طول معادل" اتصالات سطحی برابر 579 فوت DP پنج اینچ است، البته جریان داخل آنها از نوع متلاطم میباشد پس برای تعیین میزان افت فشار در داخل آنها مناسب بیندیم :

ft DP	PSI
9600	641.2

579	?	$? = \frac{579 \times 641.2}{9600} = 38.7 \text{ PSI}$
-----	---	--

پس افت فشار در اتصالات سطحی برابر 38.7 PSI میشود.

$$\Delta P = \frac{\overline{MW} \cdot \overline{PO}^2}{6698.3 n^2 d^4} = \frac{12 \times (400)^2}{6698.3 (3)^2 (3/8)^4} = 1610 \text{ PSI}$$

c- در سه ای مت

$$\Delta P = \frac{L.V. \bar{P}\bar{V}}{1000(D-d)^2} + \frac{L.YI'}{200(D-d)} \quad \text{annulus } d - d$$

$$\{ DC \text{ در } \Delta P = \frac{400(4.36)43}{1000(9\frac{7}{8}-7\frac{3}{4})^2} + \frac{400 \times 20}{200(9\frac{7}{8}-7\frac{3}{4})} = 16.6 + 18.8 = 35.4 \text{ PSI}$$

$$\{ DP \text{ در } \Delta P = \frac{9600(2.25)43}{1000(9\frac{7}{8}-5)^2} + \frac{9600 \times 20}{200(9\frac{7}{8}-5)} = 39 + 197 = 236 \text{ PSI}$$

$$\Delta P = 35.4 + 236 = 271.4 \text{ PSI} \quad \text{نیاز این افت فشار در annulus فراهم شود:}$$

۲. سرعت خروجی گل از تپه ایست:

$$V = 0.4085 \frac{\bar{P}O \text{ (GPM)}}{nd^2} = 0.4085 \frac{400}{3(0.375)^2} = 387.3 \text{ FPS}$$

۳. ECD, BHCP :

$$BHCP = \text{hydrostatic pressure} + \Delta P \text{ in annulus}$$

$$HP = 0.052 \text{ MW (PPG)} \times T.D (1) = 0.052 \times 12 \times 10000 = 6240 \text{ PSI}$$

$$BHCP = 6240 + 271.4 = 6511.4 \text{ PSI}$$

$$ECD = 19.25 \frac{BHCP}{TD} = 19.25 \times \frac{6511.4}{10000} = 12.53 \text{ PPG}$$

این با این معنی است که اگرچه گل موجود در چاه 12 PPG است کین خواص آن بگونه ایست که "تپه" آزاد در موقع گردش بشاید گلی با وزن 12.53 PPG تلقی میکند.

۴. حساب فشار خروجی پمپا گل:

discharge pressure پمپای گل مساویست با مجموع افت فشار در کل سیر گل

$$\Sigma \Delta P = 38.7 + 641.2 + 147.1 + 1610 + 35.4 + 236 = 2708.4 \text{ PSI}$$

۵. حساب توان پمپای گل. برای حساب توان پمپای گل بر حسب اسب بخار از فرمول زیر استفاده کنید:

$$(۲.) \text{ Hydraulic horse power} = \frac{\bar{P}O \text{ (GPM)} \times \text{discharge pressure (PSI)}}{1714}$$

$$H_h = \frac{400 \times 2708.4}{1714} = 632 \text{ اسب بخار}$$

ملاحظه میشود که افت فشار کل سیر حرکت گل 2708 PSI است که از این مقدار 1610 PSI در تپه و بقیه یعنی 1098 PSI در

در سایر قسمتها میسر است بکنند. توان پمپا هم همین نسبت تقسیم میشود: 376 h.p. در سه سر
میشود (توان مفید) و 256 h.p. در سایر قسمتها تلف میشود (توان تلف شده یا پارازیتیک)

توضیح: اگر آنجا که شماره مقداری انرژی بصورت اصطکاک مکانیکی در جعبه دنده یا driving end پمپا
تلف میشود، بنابراین برای آنکه پمپا بتواند 632 اسب بخار تولید کند باید توانی که تا آنها داده میشود بیش از توانی
باشد که از آنها گرفته میشود. سازندگان پمپا زمان ۸۵ درصد را برای بسیاری از پمپا مناسب میدانند.
بنابراین برای دریافت توان مازاد 632 اسب بخار باید توانی برابر:

$$\frac{632}{0.85} = 743.5 \text{ hp}$$

پمپا داده شود.

اگر بخاطر داشته باشید، در فصل سوم گفتیم که بطور کلی SS یعنی که بوسیله مدل پلاستیک بیگام میشی می
میشوند، چه در حدود SR های بالا باشند (مثل داخل DC) و چه در حدود SR ۵۶ پائین (مثل در DP)؛
از نظر اندازه، بسیار بزرگتر از مقدار واقعی خود هستند و حال آنکه SS های که بوسیله مدل پاورلا در این حدوده
پیش بینی میشوند اگر چه از نظر اندازه از مقدار واقعی خود کمتر هستند کین انحراف (از مقدار واقعی) کمتر از
انحراف SS است پیش بینی شده توسط مدل پلاستیک بیگام باشد. این مطلب را در شکل ۲۲ آن فصل
نویسه نشان دادیم. همین دلیل بزرگت که افت فشاری که بوسیله فرمول بیگام (فرمول ۱۰) در دالان چاه و بویزه
در در DP حساب میشود معمولاً از مقدار واقعی افت فشار بیشتر است. در حالیکه اگر مدل پلاستیک
بیگام فرض کنیم، تابع مدل پاورلا بگیریم و با کمک فرمولهای این مدل، افت فشار در دالان چاه حساب کنیم،
مقدار واقعی نزدیک تر خواهیم بود: هر چند مقداری از آن کمتر، کین بان نزدیکتر.

برای حساب افت فشار در دالان چاه، با استفاده از مدل پاورلا، دورش معلوم است: روش ریاضی و روش ترکیبی

محاسبه افت فشار در س (annulus)

داده‌های مدل پاور لاین شود - روش رایجی

$$n = \frac{\log \frac{\theta_{600}}{\theta_{300}}}{0.30103} = \frac{\log \frac{YP + 2PV}{YP + PV}}{0.30103}$$

۱- فاکتورهای n ، k را عدد کنید

$$k = \frac{\theta_{300}}{(300)^n} = \frac{\theta_{600}}{(600)^n} \text{ cps. sec}^{n-1}$$

۲- annular velocity را بر حسب FPM (رشته‌های مختلف دالان چاه حساب کنید) (فرمول ۲)

$$V = \frac{24.51 \times \overline{PO} (\text{GPM})}{D^2 - d^2}$$

۳- SR را بر حسب rpm و برای هر یک از سرعتهای مختلفی در رشته‌های مختلف دالان چاه حساب کنید

$$(21) \quad \boxed{SR = \frac{1.41 V}{D - d}} \quad \begin{matrix} \uparrow \text{RPM} \\ \text{SR} \\ \rightarrow \text{FPM} \end{matrix}$$

inch

۴- dial reading معادل هر یک از SR های فوق را حساب کنید

$$\theta = k (SR)^n$$

۵- نوع جریان را در رشته‌های مختلف دالان چاه از روی عدد رینولدز معلوم کنید

$$(22) \quad \boxed{Re = \frac{V^2 \cdot \overline{MW}}{13.757 \theta}}$$

FPM

۶- افت فشار در رشته‌های مختلف دالان حساب کنید :

if $Re < 2000$; laminar flow ;

$$\boxed{\Delta P = \frac{3.75}{1000} \cdot \frac{L \theta}{D - d}} \quad (23)$$

if $Re > 2000$; turbulent flow ;

$$\boxed{\Delta P = 1.4327 \times 10^{-7} \frac{L \cdot V^2 \cdot \overline{MW}}{D - d}} \quad (24)$$

در فرمولهای ۲۳، ۲۴، ما بر حسب فوت، بلندی بخشی از دالان چاه است که میخواهید افت فشار در آن حساب کنید، V هم

سرعت گال در آن قسمت است بر حسب FPM. وزن گال هم که طبق جدول بر حسب PPG است.

۷- پس از آنکه افت فشار در رشته‌های مختلف دالان چاه حساب کردید، آنها را با هم جمع کنید تا کل افت فشار در دالان

بدست آید. آنگاه برای سربس BHCP، ECD، طبق فرمولهای ۱۸، ۱۹ عمل کنید.

برای متن دادن روش استفاده از فرمولهای صفحه قبل به ذکر ضرایب درازیم و بهتر است که انت فشار را در دالان چاه قبل مجرودا حساب کنیم مگر این بار فرض را بر آن گذاشتیم که گسل تابع مدل با درلاست نه مدل بلاستیک بشهیم. مراحل فاصله بر ترتیب عبارتند:

$$1) \quad n = \frac{\log \frac{Y_P + 2P_V}{Y_P + P_V}}{0.30103} = \frac{\log \frac{20 + 2(43)}{20 + 43}}{0.30103} = \frac{\log \frac{106}{63}}{0.30103} = 0.75064$$

$$k = \frac{\theta_{300}}{(300)^n} = \frac{\theta_{600}}{(600)^n} = \frac{63}{(300)^{0.75064}} = \frac{106}{(600)^{0.75064}} = 0.8708 \text{ cps. sec}^{n-1}$$

$$2) \quad \{ DC \text{ در } V = \frac{24.51 \times 400}{(9\frac{7}{8})^2 - (7\frac{3}{4})^2} = 261.8 \text{ FPM}$$

$$\{ DP \text{ در } V = 135 \text{ FPM} \quad (\text{نزدادنده باشد مثالی است})$$

$$3) \quad \{ DC \text{ در } SR = \frac{1.41 \times 261.8}{9\frac{7}{8} - 7\frac{3}{4}} = 173.7 \text{ KPM}$$

$$\{ DP \text{ در } SR = \frac{1.41 \times 135}{9\frac{7}{8} - 5} = 39.05 \text{ RPM}$$

$$4) \quad \{ DC \text{ در } SR \text{ با } \theta = 0.8708 (173.7)^{0.75064} = 41.8$$

$$\{ DP \text{ در } SR \text{ با } \theta = 0.8708 (39.05)^{0.75064} = 13.635$$

$$5) \quad \{ DC \text{ در } Re = \frac{(261.8)^2 \times 12}{13.757 \times 41.8} = 1430 < 2000 \therefore \text{laminar flow}$$

$$\{ DP \text{ در } Re = \frac{(135)^2 \times 12}{13.757 \times 13.635} = 1166 < 2000 \therefore \text{laminar flow}$$

$$6) \quad \{ DC \text{ در } \Delta P = \frac{3.75}{1000} \times \frac{400 \times 41.8}{9\frac{7}{8} - 7\frac{3}{4}} = 29.5 \text{ PSI}$$

$$\{ DP \text{ در } \Delta P = \frac{3.75}{1000} \times \frac{9600 \times 13.635}{9\frac{7}{8} - 5} = 100.7 \text{ PSI}$$

$$7) \quad \text{کل افت فشار در دالان} = \Delta P|_{\text{ann.}} = 29.5 + 100.7 = 130.2 \text{ PSI}$$

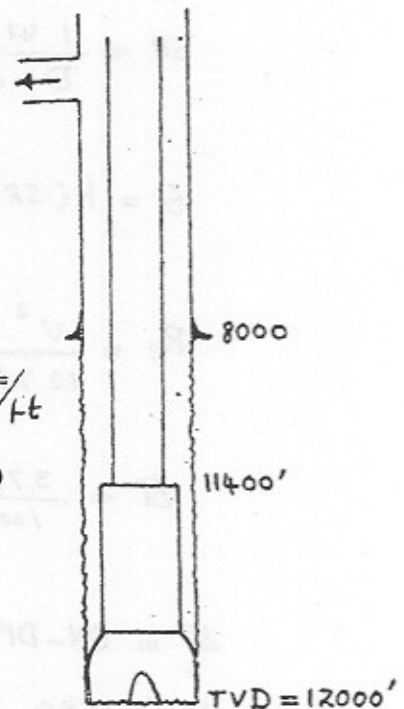
این افت فشار در دالان چاه را با آنچه که در مثال قبل به دست آوردیم مقایسه کنید. افت فشار کل و واقعی در دالان چاه، عددی

است بین 130.2 PSI و 274.1 PSI و البته نزدیکتر به 130.2 PSI.

شال دیگر : درین شال نیز گل را تابع مدل پاور لافرض کنید و با اطلاعاتی که در زیر درباره چاه داده شده است ، افت فشار در دالان آن حساب کنید و از روی آن BHCP ، ECD را بدست آورید (روش ریاضی)

WELL DATA

True Vertical Depth.....	12000'
Casing.....	9 5/8" OD by 9" ID
Casing shoe @.....	8000'
Bit Size (or Hole Dia.).....	8 1/2"
DPs.....	11400' ; 4 1/2" OD ; 16.6 #/ft
DCs.....	600' ; 6" OD by 2 1/2" ID
MW.....	12 PPG
DR @ 600 RPM (115°F).....	80
DR @ 300 RPM (115°F).....	46



در ضمن ، پمپ گل دارای مشخصات زیر است : Pump : 10-P-130 ; 95% eff. ; 113 SPM, 5/4 liner

حل - با کمک جدول پمپ ؛ (که معمولاً در هم کتابهای مهندسی یافت میشود) میتوان GPM پمپ فرق را تعیین کرد :

$$\text{Pump Volume Output} = 2.81 \text{ (GPS)} \times 113 \text{ (SPM)} \times 0.95 = 301.65 \text{ (GPM)}$$

به منظور دیدن از روی شکل فرق معلوم است ، دالان چاه مشخصاً از سه قسمت درست شده است یعنی زیر :

چاه - لوله دزنی که آنرا اختصاراً با حرف OH-DC نشان میدهم . بلندی : 600 فوت

چاه - لوله حفاری که آنرا اختصاراً با حرف OH-DP نشان میدهم . بلندی : 3400 فوت

لوله حفاری - لوله حفاری که آنرا اختصاراً با حرف CSG-DP نشان میدهم . بلندی : 8000 فوت

روش حساب افت فشار در هر سه قسمت شبیه هم است . بنابراین افت فشار را تنها در قسمت OH-DC حساب میکنیم و حساب افت فشار در دو قسمت دیگر را هم چنین حساب ECD ، BHCP را بعنوان ترمین همبره شما میگذاریم ابتدا مقادیر فاکتورهای n ، k را تعیین میکنیم :

$$n = \frac{\log \frac{\theta_{600}}{\theta_{300}}}{0.30103} = \frac{\log \frac{80}{46}}{0.30103} = 0.798366$$

$$k = \frac{\theta_{300}}{(300)^n} = \frac{\theta_{600}}{(600)^n} = \frac{46}{(300)^{0.798366}} = \frac{80}{(600)^{0.798366}} = 0.4843 \text{ cps. sec}^{n-1}$$

OH-DC

$$V = \frac{24.51 \overline{PO} (GPM)}{D^2 - d^2} = \frac{24.51 \times 301.65}{(8\frac{1}{2})^2 - (6)^2} = 203.96 \text{ FPM}$$

$$SR = \frac{1.41V}{D-d} = \frac{1.41(203.96)}{8\frac{1}{2} - 6} = 115 \text{ RPM}$$

$$\theta = k(SR)^n = 0.4843 (115)^{0.718366} = 21.395$$

$$Re = \frac{V^2 \cdot \overline{MW}}{13.757 \theta} = \frac{(203.96)^2 \cdot 12}{13.757 (21.395)} = 1696 < 2000 \therefore \text{laminar flow}$$

$$\Delta P = \frac{3.75}{1000} \cdot \frac{LQ}{D-d} = \frac{3.75}{1000} \cdot \frac{600 \times 21.395}{8\frac{1}{2} - 6} = 19.25 \text{ PSI}$$

$$\Delta P \text{ in OH-DP} = 35.14 \text{ PSI}$$

جوابی قسمتهای دیگر شده بشود زیرا است :

$$\Delta P \text{ in CSG-DP} = 59.08 \text{ PSI}$$

$$\Delta P |_{\text{ann.}} = 113.42 \text{ PSI}$$

$$\text{BHCP} = 7600 \text{ PSI}$$

$$\text{ECD} = 12.18 \text{ PPG}$$

محاسبه افت فشار در annulus

دقیقه اول مدل پاور لاین شود - روش ترکیبی

افت فشاری که در قسمتهای مختلف annulus یا دالان چاه بوجود میآید ناشی از SS در دایره چاه و در حوله چاه DC ، DF ، است . برای آنکه این افت فشار در قسمتهای مختلف دالان چاه به وقت محاسبه کنیم باید SR را در قسمتهای مختلف دالان چاه ، ریز SS های مربوط به آن SR را بدینیم . اگر دستگاه گرانروی سیخ دوار ، با سرعت متغیر (variable speed viscometer) داشته باشیم که چه بهتر اگر این دستگاه موجود نباشد ، میتوان با دستگاه گرانروی سیخ مولی (بینی شش سرعت) ، SS گل را در شش دور دستگاه تعیین کرد . چون گلهای نفتی و گلهای غیر نفتی برمان شده بجز در محوره SR های پائین ، در محوره بقیه SR ؛ نسبت از مدل پاور لاین میکنند ، بنابراین بهتر است این شش دسته اطلاعات حاصل از دایکرومتر را بر روی یک نمودار log-log منتقل کنیم . آنگاه در نقطه اول

(که SS گل را در ۶۰۳ دور در دقیقه نشاندند) برای هم وصل کنیم و چهار نقطه دیگر (که SS گل را در ۱۰۰ ، ۲۰۰ ، ۳۰۰ ، ۶۰۰ دور در دقیقه نشاندند) نیز برای هم وصل کنیم . استاندارد این دو خط باید یکدیگر را در نقطه ای

با مشخصات } طول : بین ۶۲۳mm و ۱۰۰۰mm
عرض : بین ۱۰۰ و ۱۰۰۰
قطع خواهند کرد . برای این است هر چه نسبت گل از مدل با دور بیشتر باشد این خطوط ، صاف تر خواهند شد و در یک حالت ایده آل

اگر گل مورد مد از مدل با دور لا نسبت کند ، این دو خط بر یکدیگر منطبق میشوند . این اگر annular velocity دارد قسمت های مختلف دالان بر حسب FPM داشته باشیم ، آنگاه یک فزول ۲۱ ، میتوانیم آنها را بر حسب RPM بیان کنیم و dial reading یا θ مربوط هر کدام را روی گراف فون منطبق سازیم . با مشخص شدن θ در هر قسمت از دالان ، و با فرض اینکه نوع برقی گل در دالان ، laminar است میتوانیم با استفاده از فزول ۲۳ افت فشار را در هر قسمت تعیین کرده و جمع بزنیم تا افت فشار کل در دالان به دست آید .

حل (شکل ۱۶)

- ① اطلاعات حاصل از دستگاه اندازه گیری سطح دوار را روی کاغذ شکاری منقش کنید
- ② از دو نقطه مربوط به ۶۰۳ دور در دقیقه خط استیجی بکشید
- ③ از چهار نقطه مربوط به ۱۰۰ ، ۲۰۰ ، ۳۰۰ ، ۶۰۰ دور در دقیقه نیز خط استیجی بکشید
- ④ خطوط فزون را ادامه دهید تا یکدیگر را قطع کنند
- ⑤ با استفاده از فزول ۲۱ ، سرعت دالان را از FPM به مدل آن بر حسب RPM برگردانید

$$SR = \frac{1.41 V}{D-d} = \frac{1.41 \times 120}{8\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}} = 42.3 \text{ RPM}$$

- ④ انحراف درجه (یا dial reading) مدل 42.3 RPM را از روی شکل ۱۶ معلوم کنید . این مقدار برابر 10.5 میشود . بیاید

$$\theta_{42.3} = 10.5$$

- ⑤ با استفاده از فزول ۲۳ ، مقدار افت فشار در دالان را بر حسب کیلیم (یعنی پا) را ۱۰۰۰۰ فوت فرض کنید

$$\Delta P = \frac{3.75}{1000} \cdot \frac{L \theta}{D-d} = \frac{3.75}{1000} \cdot \frac{10000 \times 10.5}{8\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}} = 98.44 \text{ PSI}$$

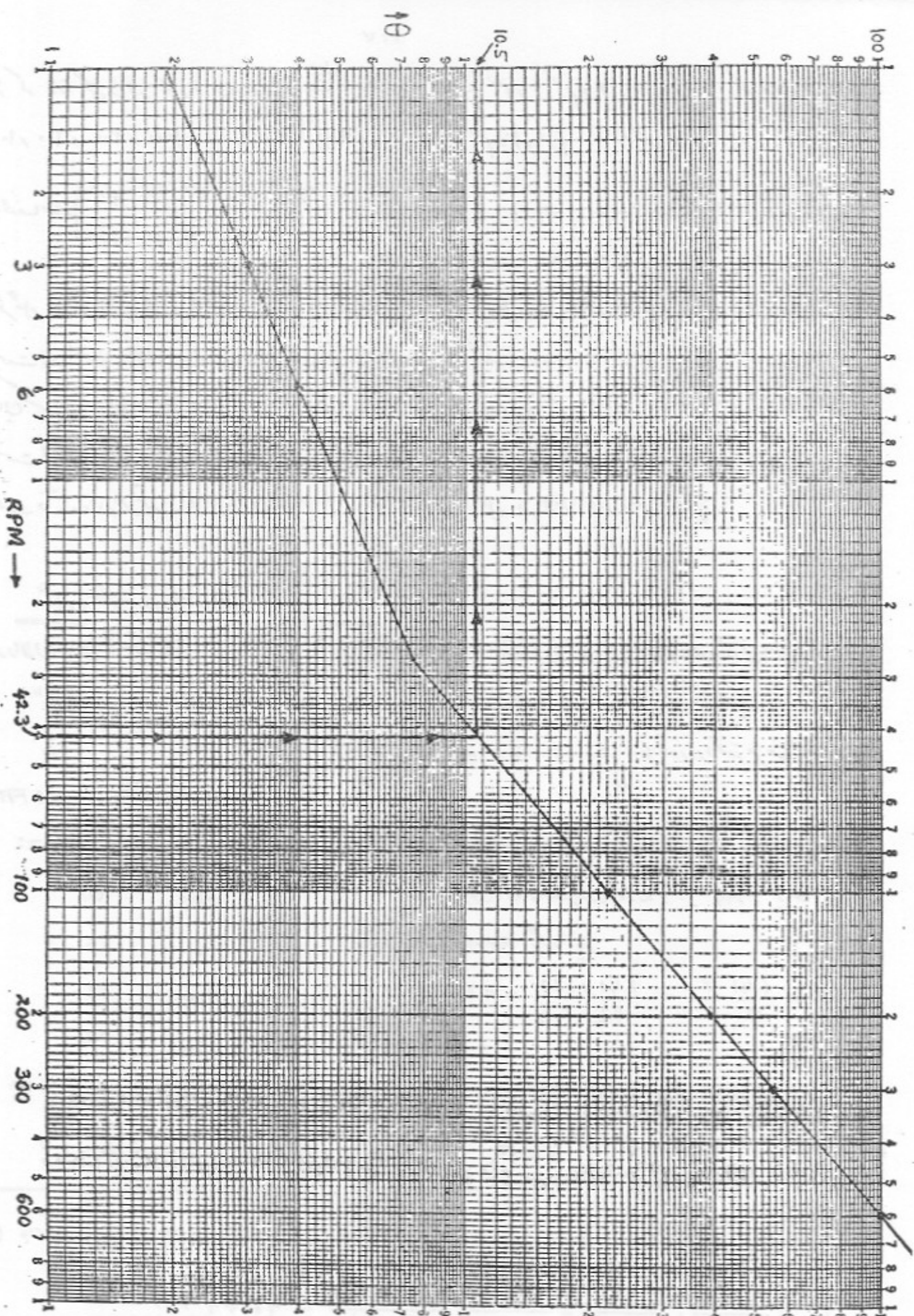
مثال مطلوبیت قاسم افت فشار

در دالان چاهی ، مشخصات زیر :

Hole Size	8 1/2"
Drill Pipe	4 1/2"
Annular Velocity	120 FPM

Fann Viscometer Data:

θ_{600}	100
θ_{300}	55
θ_{200}	39
θ_{100}	22
θ_6	4
θ_3	3



این روش دوسن دارد. اول آنکه میباید آن ماده است و دیگر باری به تعیین فاکتورهای n و k و چاربت
 توان مشکل آون که عموماً احتیاج به ماشین سنجایی بیشتری دارد، نیست. نهایتاً با استفاده از این روش و با رسم
 dial reading در مقابل rpm ما ضرایب نموداری خواهیم رسید (مثل شکل ۱۶) که نشان میدهد که سرعت گردش
 (circulation rate) گل چگونه روی افت فشار اثر میدهد. نیز از روی چنین نموداری میتوان اثرات دران
 ای سببانی روی گل را هم فهمید. همین مثال را در نظر بگیرید. فرض کنید که میخواهید SS درون گل را کاهش دهید تا
 شود، میزان بردش در آن سببانی هم معنی آنرا پائین کنید. همچنین افزایش دما باعث پائین نشدن شد و کاهش
 آن سبب بالا میرود. معنی وزن خواهد شد. شیب خط همواره ثابت بماند مگر آنکه گل در اثر حرارت،
 flocculate شود.

اگر افت فشار در درشتال قبل توسط فرمول پنجم (فرمول ۱۰) محاسبه میگردد متدارش میشد 148.6 PSI
 (عمل کنید!). ملاحظه میشود که این خود تا بید است بر آنچه که در شکل ۲۲ فصل سوم و نیز در صفحه ۱۴۲ گفتیم.
 در جریان تریولنت، γP روی افت فشار هیچگونه اثری ندارد (به فرمول Fanning نگاه کنید. فرمول ۱۱)
 و PV در ضریب f (یا Fanning friction factor) مؤثرند. برای محاسبه افت فشار در درالان چاه
 و فنیکه نوع جریان گل در آنجا تریولنت است (که البته قدرت پیش نیاید) بردش را فاضی عمل کنید.

فصل پنجم

ابزارهای شش‌گانه آزمون‌های حفاظتی

برای آنکه عمل حفاظتی بتواند وظایفی را که به‌عهده‌اش گذاشته شده است بجز انجام دهد، باید از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی در شرایط مناسبی باشد. اندازه‌گیری پوسته این خواص بر طبق آزمایش‌های استاندارد API، گشتاسی را توجه‌کننده‌ترین تغییرات آنها کرده و ادواتی را در دسترس قرار داده تا بتواند تغییرات عمل را به‌طور در وضعیت مناسب خود اندازه‌گیری کند. باید در روز انجام شود بسته به وضعیت عمل و نوع عملیات حفاظتی فرق می‌کند. در شرایط عادی، گشتاسی معمولاً چهار بار در شبانه‌روز این آزمایش‌ها را تکرار می‌کند.

۱- اندازه گیری وزن گل

عملاً وزن گل را میزنان با هر ترازویی که دقت کافی داشته باشد بدست آورد که این برای سرعت عمل در امر توزین ، ترازوی ساده و فنوسی بنام mud balance (یا ترازوی گل) ساخته شده است که میزناند وزن دقیق گل را اندازه گیری کرده و نتیجه را بر سبک یک از چهار واحد زیر بیان نماید .

gm/cc (or SG)

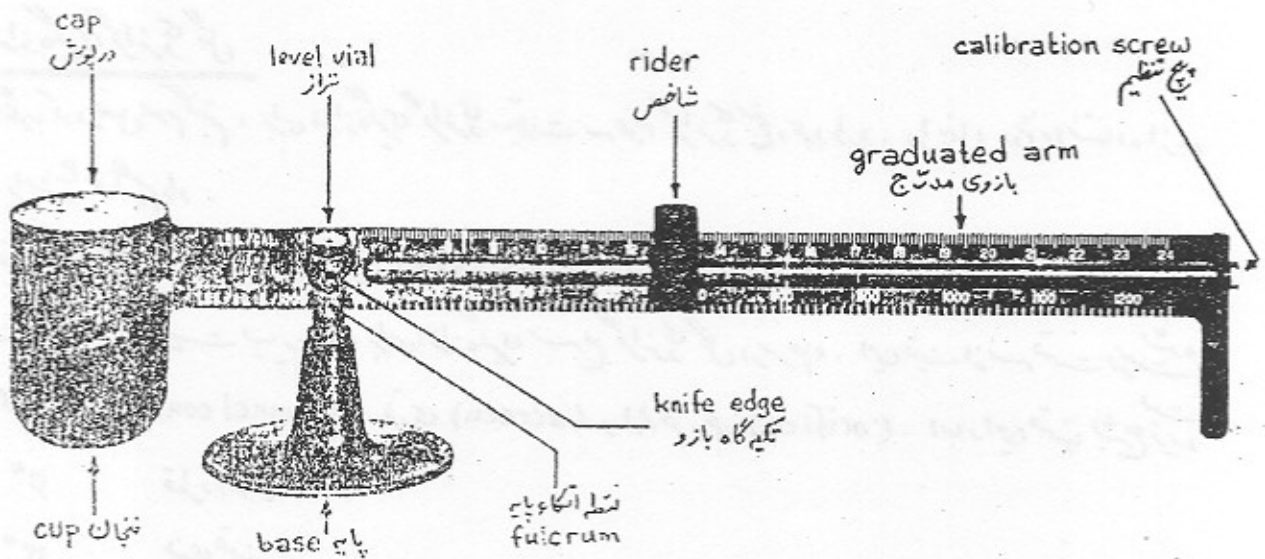
PPG

PCF

PSI/1000 ft of depth

رابطه این چهار واحد با یکدیگر ، قبلاً بیان شده است .

شرح دستگاه . قسمتهای مختلف این دستگاه ، در شکل زیر نشان داده شده است :



شکل ۱

روش اندازه گیری

- ۱- درپوش را برداشته و نجان را که قبلاً تیز و خشک شده از گل مورد نظر کاملاً پر کنید تا لبریز شود .
- ۲- با درپوش باهنگی چند ضربه به بدنه نجان بزنید تا اگر چه باقی از برادر درون گل خموش شده باشد به سطح حمل آمده و خارج شود . آنگاه درپوش را بلند کنید و کمی بکپ در است بچرخانید تا کاملاً سبک جایش را بگیرد . دقت کنید که ستادی گل از سوراخ وسط درپوش بیرون نزنند . این نشانه آنست که نجان کاملاً پراز گل است .
- ۳- انگشت رانگ سوراخ وسط درپوش گذاشته و درپوش را به نجان فشار دهید . (در این عمل ، آن متدارگی که در درپوش و در نجان ریخته شده است با آب شوئید و باید قطعه پارچه خشک کنید .

۴- با بار روی یک سطح افقی گذارید و با زودتر از روی آن قرار دهید که ناپدید گاه با زود روی نقطه اشکای پایه قرار
گیرد.

۵- شش‌خص را آنقدر جابجا کنید که ترازو بحالت تعادل درآید و با زود آن افقی بایستد. افقی بودن با زود ترازو را
بوسیله "تراز" روی دستگاه استخوان کنید.

۶- به چپ شش‌خص روی هر عددی که قرار گرفت، آن عدد نشان دهنده وزن گِل مورد نظر است.

تفاس باید هر چند روز چهار ترازوی گِل را میزان کند تا نتایج را که بگفت آن بدست می‌آورد از وقت کافی برخوردار باشد
برای میزان کردن ترازوی گِل، روش فوق عمل نموده با این تفاوت که در مرحله ① نجان را بجای گِل، از آب پر کنید و در
مرحله ⑤ بجای جابجا کردن شش‌خص، آزمون استیجاً روی عدد 62.4 PCF (یا 8.34 PPG) قرار دهید. اینک
اگر با زود ترازو بحالت افقی ایستاد ترازو میزان است و غیر این صورت باید بوسیله پیچ تنظیمی در آن‌ها دیگر با زود قرار دارد،
با زود ایست افقی درآورد تا ترازو میزان شود.

اندازه‌گیری گرانروی گِل

همانگونه که در فصل سوم گفتیم، برای اندازه‌گیری گرانروی سیالات سه نمونه گرانروی سنج وجود دارد. در اینجا، روش استاندارد از دو
نمونه اول را شرح خواهیم داد:

الف- گرانروی سنج قیفی یا قیف مارش (Marsh Funnel Viscometer)

قیف مارش وسیله ایست بسیار ساده برای اندازه‌گیری سریع گرانروی گِل در سرچاه. این قیف از سه قسمت درست شده
است: مخروط قیف (funnel cone)، قوری (screen) و لوله خروجی (orifice). ابعاد این قسمتها بشح زیر است

۶" قطر دهانه قیف

۱۲" بلندی قیف

۲" بلندی لوله خروجی قیف

$\frac{3}{16}$ " قطر داخلی لوله خروجی قیف

۱۵۰۰ ml حجم قیف از پایین لوله خروجی تا زیر قوری

لوله قیف قوری به برنه متصل شده است که سیال از محل اتصال براحتی عبور نمایند و همچنین فشاری در آن نقطه ایجاد نمیشود. یک
قوری فلزی (10 mesh) * با سوراخانی به بزرگی $\frac{1}{16}$ "، نصف دهانه قیف را پوشانده است. تا سیم این قوری از لبه
فوقانی قیف، $\frac{3}{4}$ " است. معمولاً یک لیوان مدرج حجم آنکه بیش از یک لیتر که از داخل در نقاط ۹۴۶ ml و ۱۰۰۰ ml
* برای توضیح درباره mesh به یاد قتی منبع بعد را ملاحظه کنید.

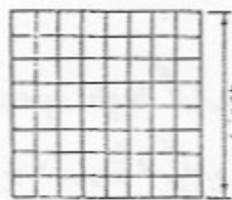
نشانه گذاری شده است ، برآه آید ، موش میباشد ، آلهای جاری شده از تینت در آن ریخته شده و محشان اندازه گیری شود . برای اندازه گیری گرانولی یک گال بوسیله تینت موش بروش زیر عمل کنید :

تینت را که قبلاً شسته و خشک کرده اید در حالت عمودی نگهدارسته و با انگشت ، سوراخ ته آنرا ببندید . با لیوان ، از هر نقطه از مسیر گردش گال که میخواهید گرانولی گال را در آن نقطه متین کنید ، گال بردارید و به یک درگ ، آنرا از روی توری ، داخل تینت بریزید تا سطح گال زیر توری برسد . بجز آنکه سطح گال زیر توری برسد ، انگشت خود را از جلو سوراخ بردارید و در همان موضع بوسیله یک کوفتوز (یا اگر موجود نباشد ، بوسیله ساعتچی) زمان لازم برای جاری شدن یک کوارت (۹۴۶ ml) گال را بر حسب ثانیه بدست آورید ۴۷ گال را بر حسب $\frac{SCC}{quart}$ بیان نمایند . (در سیستم متریک ، گرانولی گال بر حسب $\frac{SCC}{1000 ml}$ بیان میشود) از آنجا که حرارت بار گرانولی مایعات اثر گذار دارد ، لازم است هر دفعه که با تینت موش گرانولی گال را اندازه گیری کنید ، دمای گال را نیز بر حسب درجه فارنهایت بدست آورده و در کنار گرانولی آن یادداشت کنید تا معلوم شود که این گرانولی در چه درجه حرارتی بدست آمده است .

برای اطمینان از میزان درستی و دقت تینت ، بتوانید با آب متخل (یا آب آشامیدنی) آنرا امتحان کنید : زمان لازم برای جاری شدن یک کوارت آب 70 ± 5 ثانیه $26 \pm \frac{1}{2}$ ثانیه است .

→ تعریف mesh

mesh واحدی است برای اندازه گیری فراوانی هر نوع توری (screen , sieve با منوعیات پارچه ای) . مثلاً یک توری 200 mesh ، دارای ۲۰۰ سوراخ مربع شکل کوچک در قامت یک اینچ است . بعبارت دیگر این توری دارای ۴۰۰۰۰ سوراخ مربع شکل کوچک در یک اینچ مربع میباشد . در شکل زیر یک توری 8 mesh نشان داده شده است



برای آنکه بدانیم از یک توری معین چه نوع ذراتی عبور میکنند ، باید اولاً شماره (یا mesh number) توری و ثانیاً قطر میمائی را که توری با آن درست شده است بدانیم . در این صورت اگر mesh number را با حرف n ، و قطر میمائی را با حرف d نشان دهیم (d بر حسب اینچ است) آنگاه اندازه ذرات قابل عبور از توری ، بر حسب میکرون از فرمول زیر بدست میآید :

$$(1) \text{ particle size, microns} = 25400 \left[\frac{1 - (n+1)d}{n} \right]$$

مثلاً از یک توری 200 mesh که قطر میمائی آن 0.0021" است ذرات بزرگتر از 74 میکرون عبور نمیکنند . زیرا :

$$\text{particle size, microns} = 25400 \cdot \frac{1 - (200+1) \times 0.0021}{200} = 74$$

ب- گرانروی سیخ دوار Rotational (or Direct-Indicating) Viscometer

گرانروی سیخ دوار در نمونه با دندولهای متعددی عرضه شده است. رایج ترین آنها VG meter مدل ۲۵ سانتی
کارخانه Fann است که در آزمایشگاه از آن استفاده میشود. این دستگاه علاوه بر آنکه viscosity گچل حفاری را
اندازه گیری میکند، میتواند YP و GS آنرا نیز تعیین کند. مشخصات فنی آن عبارتند از:

bob diameter..... 1.358" قطر گچل

bob cylinder length..... 1.496" طول استوانه گچل

rotor sleeve ID..... 1.450" قطر داخلی گچل دوار

rotor sleeve length..... 3.425" طول استوانه گچل دوار

روی rotor sleeve یک خط نشانه است به فاصله 2.3" از لبه پائین آن و در ردیف سوراخ ۱/۸" که به فاصله ۱۲۰°
از یکدیگر و درست زیر خط نشانه قرار دارند. دستگاه چرخش را با یک موتور برق سینکرونس دو سرعته است
که با ترکیب آنها باید چرخش را با سرعت برای دستگاه امکان پذیر است:

rotor speed: 3, 6, 100, 200, 300, 600 rpm

معمولاً یک لیوان حجم نیم لیتر که از داخل، خط نشانه ای در نقطه 350 ml دارد، برای این دستگاه است.

روش اندازه گیری AV, PV, YP

۱- گچل مورد نظر را که خوب بهم زده اید در لیوان بریزید تا سطح گچل به خط نشانه برسد
۲- لیوان را روی میز متحرک دستگاه ثابت کنید و میز را با همشفتی آهسته بالا ببرید که rotor sleeve تا خط نشانه
در گچل قرار گیرد

۳- موتور دستگاه را روشن کنید و طیف آنرا روی high speed بگذارید

۴- با تنظیم جعبه دنده، سرعت را به ۶۰۰ rpm برسانید و ۱۰ ثانیه صبر کنید تا انحراف درجه متعادل رسیده و ثابت شود
آنگاه مقدار آنرا خوانده و یادداشت کنید (θ_{600})

۵- طیف دستگاه را روی low speed بگذارید تا سرعت rotor به ۳۰۰ rpm تقلیل یابد. باز ۱۰ ثانیه صبر کنید
و بعد مقدار انحراف درجه را خوانده و یادداشت کنید (θ_{300})

AV, PV, YP گچل را معین فرمولهای زیر به دست آورید:

$$AV = \frac{1}{2} \theta_{600} \dots \dots \dots \text{cps}$$

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \dots \dots \dots \text{cps}$$

$$YP = \theta_{300} - PV \dots \dots \dots \text{lb/100 sq. ft}$$

روش اندازه گیری GS

- ۱- گل مورد نظر را که تزیب بهم زده اید در لیوان بریزید تا سطح گل به خط نشانی برسد.
- ۲- لیوان را روی میز تراکت دستگاه ثابت کنید و میز را تا سطحی آفتد بالا ببرید که rotor sleeve تا خط نشانی در گل قرار گیرد.
- ۳- موتور دستگاه را روشن کنید و ولتیز آنرا روی high speed بگذارید. با تنظیم گیرکس، سرعت را به ۶۰۰ rpm برسانید و بگذارید دستگاه با این سرعت حداقل ۱۵ ثانیه کار کند.
- ۴- با ترکیب مناسب موتور و گیرکس، سرعت دستگاه را مجدداً (یعنی ۳ rpm) کاهش داده و بلافاصله دستگاه را خاموش کنید.
- ۵- برای بدست آوردن GS گل، باید دستگاه را مجدداً روشن کنید و "حد اکثر" انحراف درجه را یادداشت نمایید. بسته به اینکه بعد از ۱۰ ثانیه اینکار را بکنید یا بعد از ۱۰ دقیقه، ترتیب Initial GS و 10 minute GS بدست میآید. در هر دو حالت، واحد GS، پوند بر صد فوت مربع میباشد.

تذکره - در مرحله ④ بعد از خاموش کردن دستگاه، اگر dial indicator صفر نشود، اشکالی ندارد. این، بنا بر خاص نیکوتر است که در فصل سوم راجع بان صحبت کردیم.

مواظبت از دستگاه

- ۱- دقیقه برای تغییر rpm ناگزیر از توقف دنده هستید، دستگاه باید مشغول کار باشد. بجا رفت دیگر دقیقه دستگاه خاموش است، دنده آنرا عوض نکنید.
- ۲- بعد از هر آزمایش، sleeve را آب از روی bob باز کرده و آنها را با آب یا محلول دیگری تمیز شده و خشک کنید.
- ۳- دستگاه را گاهی با مایه‌ای که گرانروی آن معلوم است (مثل محلولها شکر، مایه‌ای سیبک و در غنهای مشتق از نفت) مورد آزمایش قرار داده و دقت آنرا بررسی کنید. برای آزمایش سرعت دستگاه و کشش فرموله آن، روشهای از طرف سازندگان دستگاه پیشنهاد شده است که در Instruction Manual آن موجود است.

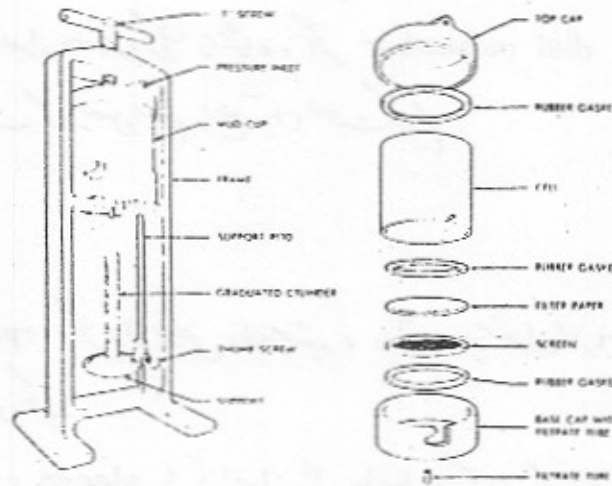
FILTRATION اندازه‌گیری

filtration یا خاصیت گل در انود کردن درباره چاه ، برسیه دستگاه Filter Press برای تعیین می‌شود. آزمایش با این طریق است که سرعت عبور فاز مایع گل حفاری از یک کاغذ صافی استایزارد تحت شرایط درجه ای از فشار ، سیتزارد ، اندازه گیری می‌شود. Filtration طهای حفاری را اصولاً تحت دو شرایط متفاوت اندازه بگیرند :

۱- Standard API Filtration (که در شرایط فشار 100 PSI ، دمای اطاق و ظرف مدت ۳۰ دقیقه صورت بگیرد)
 ۲- Standard HT-HP Filtration (که در شرایط فشار 500 PSI ، دمای 300°F ، و ظرف مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شود)

STANDARD API FILTRATION

این اندازه‌گیری برسیه دستگاه API Filter Press صورت بگیرد. نمایان گل دستگاه سرب از نه قسمت است که باید ترتیبی که در شکل نشان داده شده است روی هم سوار شوند.



شکل ۲

روش اندازه‌گیری

- ۱- هفت قطعه پائین را روی یکدیگر سوار کنید. دقت کنید که pin های cell درون شکافهای base cap قرار گیرند و با کمی براست گردانیدن cell ، آزاد درون base محکم کنید
- ۲- با انگشت جلوسوراخ filtrate tube را گرفته و گل مورد نظر را که خوب بهم زده‌اید درون cell بریزید تا سطح گل به $\frac{1}{4}$ اینچی به درونی cell برسد. این حجم گل تقریباً برابر ۳۵۰ ml است.
- ۳- قطعات هشتم و نهم را هم سوار کرده و دستگاه را درون گریه مخصوص خود قرار دهید. با انگ کردن گریه باعث شود که درپوش بالایی محکم به cell بچسبد.

۴- استوانه مدرج را زیر filtrate tube قرار داده و ضمن آنکه آنشت خود را از جدول مواج بر می دارید فشار داخل 100 ± 5 PSI را ظرف کمتر از ۳۰ ثانیه بر داخل cell و روی سطح گل بزرگسید و به زمان، ساعت را بخار اندازید. توجه داشته باشید که اندازه گیری از لحظه ای شروع شود که فشار داخل cell میشود.

۵- حجم مناسب جمع شده در استوانه مدرج را بر حسب ml در دو ذوبت اندازه گرفته و یادداشت کنید: یکی پس از گذشت 7.5 دقیقه و دیگری پس از گذشت ۳۰ دقیقه.

۶- API FL, Corrected API FL را بشمار زیر گزارش کنید:

$$\text{API FL} = \text{حجم مناسب بر حسب ml پس از گذشت ۳۰ دقیقه}$$

$$\text{Corrected API FL} = 2 \times (\text{API FL @ 30 min.} - \text{API FL @ } 7\frac{1}{2} \text{ min.})$$

در کنار اطلاعات فوق، درجه حرارت اطاق را نیز قید کنید.

۷- فشار داخل cell را خارج کنید و دستگاه را آباری باز کنید. گل تغلیظ شده داخل cell را دور ریخته و اندود نشسته روی کاغذ صافی را بلا حیات با آب بشوئید * تا گل اصنافی روی آن برود. کاغذ صافی را روی میز گذاشته و ضخامت آن در برابر حسب $\frac{1}{32}$ اندازه بگیرید.

تذکرات

- ۱- دقت کنید که O ring gasket سالم باشند (یعنی زده گلی نداشته باشند)
- ۲- دقت کنید که کاغذ صافی، است ندارد باشد. در این رابطه می توانید هر یک از کاغذ صافی های زیر را بخار بپزید:

- a. Catalog No. 987 $3\frac{1}{2}$ " dia.
- b. Whatman No. 50
- c. S & S No. 576

۳- ممکن است base cap, top cap هر کدام یک gasket در خود داشته باشند. در این صورت کافی است تنها یک gasket روی کاغذ صافی قرار دهید.

۴- اگر منبع فشار هوا یا نیتروژن فشرده در اختیار ندارید، می توانید از کارتریج های مخزنی گاز CO_2 که برای همین منظور ساخته شده اند استفاده کنید. استفاده از این کارتریج ها مستلزم رعایت نکات ایمنی است. اگر چه در شرایط عادی این کارتریج ها هیچگونه خطری ندارند لیکن توصیه میشود که آنها را همواره در از حرارت و تابش مستقیم آفتاب نگهداری کنید. فشار هر کارتریج اگر خوب پر شده باشد، در دمای $80^\circ F$ در حدود 900 PSI است لیکن همین کارتریج میتواند در دمای $140^\circ F$ تا 2500 PSI فشار پیدا کند. هر چند جنس کارتریج اطری انتخاب شده است که بتواند تا 7000 PSI

* در سرد گهای نفتی، شستوی آرام انزود باید بوسیله gas oil صورت گیرد.

را تحمل کنند و هم کارتریج؛ در کارخانه تا دمای 140°F (برابر 60°C) آزمایش میشوند لیکن بعضی از آنها ممکن است overfill شده باشند. اینگونه کارتریج؛ نیز مادام که در از حرارت، ششدر خطری ندارند اینگونه گذشتن آنها در مصارفی سرسبته در صنایع خود سنگین آفتاب (تولید کننده عنب انویس) ممنوع است باعث شود که دمای آنها خیلی بیشتر از 140°F شود. البته در این صورت احتمال بروز خطر است. در ضمن چون آزمایش فوق باید در فشار 100 PSI صورت گیرد، هنگام استفاده از کارتریجی که گاز CO_2 میزان منبع فشار، باید از یک رگلا تور نیز استفاده کنید تا بتوانید فشار کارتریج را به 100 PSI تقلیل دهید.

۵- دقت کنید که در این آزمایش، تحت هیچ شرایطی از آئین فشرده میزان منبع فشار استفاده کنید زیرا خطر انفجار و آتش سوزی دارد.

اندازه گیری sand content (یا درصد شن گلی)

از آنجا که در حدشن گلهای حفاری اگر از حد معینی تجاوز کند مشکلی از قبیل فرسایش شدید و سریع پمپ های گل و اتصال لوله و ویزر ضخیم شده بیش از اندازه اندود گل روی دیواره چاه و هم چنین نشست شنها در ته چاه و به دورته و لوله با بهنگام خاموشی موقت پمپها - که خود موجب کاهش زمانمان عملیات حفاری و نیز دشواری در شناندن لوله های حفاری میشود - پیش میآورد، لازم است پرکته میزان شن موجود در گل را بدانیم. برای تعیین درصد شن گلی سه روشرسوم است: settling, elutriation, sieve analysis. از میان این سه روش، sieve analysis بدلیل سادگی ابزار و نیز دقت کافی، در شناسی حفاری مورد استفاده قرار میگیرد. در این روش، حجم شنهای گلی (با نظام فضایی خالی بین دانه های آن) بر حسب درصد حجمی گلی اندازه گیری میشود. ابزار مورد نیاز این روش، هم در آزمایشگاه قابل استفاده است و هم در سرچاه. این دستگاه تشکیل شده است از یک توری 200 mesh قطر $2\frac{1}{2}$ "، یک قیف که توری روی آن سوار میشود و یک لوله شیشه ای مدرج که از منفذ تا ۲۰ درصد درجه بندی شده و روی آن دو خط نشانه وجود دارد.

روش تعیین درصد شن گلی

- ۱- لوله شیشه ای را تا روی خط نشانه (mud to here) از گل مورد نظر که میخواهید درصد شن آن را تعیین کنید پر کرده و پس آنقدر آب روی آن بریزید تا سطح گلی رفیق شده به خط نشانه (water to here) برسد. سرلوله را با انگشت بگیرید و آنرا چند بار محکم تکان دهید.
- ۲- محلول فوق را آهسته روی توری بریزید تا آب و مواد محلول آن دفع شده و فقط مواد باقی مانده روی توری باقی بماند و آنچه از محلول را نیز که در داخل لوله باقی بماند چندین بار بوسیله آب شسته و روی توری خالی کنید. با یک جریان ملایم آب، شنهای روی توری را که ممکن است هنوز آغشته به گل و رها باشند آنقدر بشوید که دیگر گلی در آن باقی نماند و آب

جاری زیر توری کاملاً تمیز باشد.

۳- قیف را وارونه روی سر توری قرار دهید. لوله شیشه ای را نیز وارونه کرده و نوک قیف را درون آن کنید. اینک بهم دستگاه را آهسته وارونه کنید.

۴- بایست آب نشان، جریان پایلی از آب را برد توری بگیرید تا ششهای طرف دیگر آن شسته شده و درون لوله شیشه ای ریخته شوند.

۵- بعد از آنکه مطمئن شدید بهم ششها شسته شده و درون لوله ریخته شده اند، چند لحظه صبر کنید تا ششها در لوله ته نشین شوند. اینک حجم آنها را از روی درصت موجود بخوانید. عدد حاصل "درصد حجمی شن گل" را نشان میدهد.

تذکرات

۱- وقتی "درصد حجمی شن گل" را گزارش میکنید، قید کنید که گل از چه قسمتی برداشته شده است. مثلاً از flow line یا از زیر shale shaker یا از محل مکش پمپ یا غیره. همچنین اگر مواد درشت دیگری از قبیل LCM یا روی توری باقی بماند، اینها را نیز قید کنید.

۲- در مورد تعیین "درصد حجمی شن گلهای نفتی"، همین روش عمل کنید. کین برای رفیق کردن گل در مرحله ① دیز برای شستوها، بجای آب باید از یک نفت سبک استفاده کنید.

۳- بعد از هر بار آزمایش، قطعات سه گانه دستگاه ویژه توری آنرا تمیز شسته و کاملاً خشک کنید.

۴- در مرحله ⑤ آزمایش، ششهای روی توری را هرگز بهم نزنید و یا با دستهای از قبیل بمن شیشه ای، مواد و یا انگشت آنها را با فشار از مواد چسبای توری عبور ندهید. اینکار نه تنها در نتیجه آزمایش خطا بوجود میآورد بلکه ممکن است سبب پاره شدن توری و گدازه شدن آن از سر جای نیز بشود.

اندازه گیری درصد آب، نفت، و مواد جامد گل

برای اندازه گیری و تعیین درصد آب، نفت و مواد جامد گلهای حفاری از یک دستگاه تغییر مخصوص استفاده میشود. اصول کار باین ترتیب است که حجم معینی از گل مورد نظر را در یک فنجان از جنس فولاد زنگ نزن قرار داده و حرارت میدهند تا بایست آن تجزیه شده و مواد جامد گل - اعم از مواد جامد محلول یا نامحلول و سلق آن - در فنجان باقی بماند. بخار حاصل از تجزیه را در یک کندانسور (یا سردکننده) مجدداً تبدیل به مایع نموده و در یک استوانه شیشه ای مدرج که بر حسب "درصد" درجه بندی شده است جمع آور میکنند. از روی این درجه بندی میزان سنگینا در صد مایعات گل - که ممکن است آب، نفت و یا مخلوطی از هر دو باشد - و نیز در صد جامدات آنرا خوانند.

شرح دستگاه (Fann Ministill)

این دستگاه از قسمتهای اصلی و فرعی زیر ساخته شده است :

الف - قسمتهای اصلی

mud cup	فنجان گلی (به حجم دقیقاً 20 cc و تکیه در پوش آن رویش گذاشته شود)
mud cup cover	درپوش فنجان گلی
expansion chamber & drain tube	طاق بخار و لوله خروجی آن
heating elements	المنت های گرمازا
connector cord	سیم اتصال به برق
aluminum condensor	سر دکننده آلومینیومی
20 ml graduated cylinder	استوانه مدرج ۲۰ سی سی لیزی

ب - قسمتهای فرعی

dropper bottle of liquid steel wool	قطره چکان محتوی پشم فولاد مایع
dropper bottle of aerosol solution (wetting agent)	قطره چکان محتوی محلول aerosol (یا wetting agent)
spatula	قاشقک (مخصوص)
pipe cleaner	ظاب مخصوص لوله پاک کردن
silicon grease	گریس سیلیکان

این دستگاه با برق ۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت AC ، DC و نیز با برق ۱۲ ولت DC (باتری) کار میکند و برای برداشتن اثری ، یک المنت گرمازای مخصوص طراحی شده است .

روش کار

۱- دستگاه قطرها را باز کرده و فنجان آنرا از گِل سرد نظر کاملاً برکنید تا لبریز شود . با درپوش ، آب استگی چندین ضربه بدهید فنجان بزنید تا اگر چه باقی از هوا در گِل گیر کرده باشد به بیرون بیرون آید و خارج شود . درپوش را با آرامی روی فنجان بگذارید تا گِل اضافی از سوراخ وسط درپوش بیرون بزند . اینک در فنجان دقیقاً ۲۰ سانتی متر مکعب گِل وجود دارد . با یک پارچه لطیف ، گِل اضافی ریخته شده روی درپوش و روی رزوه فنجان را کاملاً پاک کنید و درپوش را با آرامی و با احتیاط طوری بردارید که اگر گِل به سطح زیر آن چسبیده باشد ، مجدداً بداخل فنجان ریخته شود و چیزی از حجم گِل داخل فنجان کم نشود .

پایان صحیح این مرحله دقت کنید زیرا اگر خطائی دارد آزمایش شود عمدتاً در این مرحله وارد میشود .

۲- پنج تا ده قطره از محلول پشم فولاد مانج روی سطح گل بریزید تا از فزونی و غلبه گل به تمام برشید بجز جویری بهل آید. بچین روزه فنجان یا روزه اطاق بخار را با گریس سیلیکان آغشته کنید تا فنجان و اطاق بخار در اثر حرارت بکشد و بچیند.

۳- اطاق بخار را با آبی روی فنجان بچکانید و محکم کنید.

۴- المنت گرمای مناسب با واتاژ موجود را انتخاب کرده و آنرا بیایای اطاق بخار بچکانید و محکم کنید. دقت کنید که در ضمن انجام اینکار، اطاق بخار شماره کابلت عمومی قرار داشته باشد چه در غیر این صورت ممکن است تعدادی گل وارد لوله خروجی آن بشود.

۵- لوله خروجی اطاق بخار را کاملاً وارد سوراخ ورودی کند انور کنید تا اطاق بخار و قطعات پرست آن در هوا کابلت عمومی قرار بگیرند.

۶- استوانه مدراج را زیر لوله خروجی کند انور قرار داده و آنرا درون گیره مخصوص محکم کنید.

۷- دستگاه را به برق مناسب وصل کنید. با روشن شدن چراغ دستگاه، عمل تفطیر شروع میشود. بسته به نوع گل از نظر درصد آب و لغت و جابدات و نیز بسته به فشار آتمسفر، این عمل بین ۱۵ تا ۲۵ دقیقه طول میکشد. محصول عمل تفطیر که میتوان آب، لغت و یا هر دو باشد در استوانه مدراج جمع میشود.

۸- در صدگی آب و لغت و جابدات را مستقیماً از روی درجبات استوانه مدراج بخوانید. (اگر حد فاصل آب و لغت درست مشخص نیست، یک یا دو قطره محلول aerosol درون استوانه مدراج بچکانید تا این حد فاصل مشخص گردد. اینکار را در مرحله ⑥ هم میتوان انجام دهید)

۹- در خاتمه عمل - یعنی پس از ۱۵ تا ۲۵ دقیقه از شروع آزمایش - وقتی دیگر عمل تفطیر تمام شده و هیچ قطره ای داخل استوانه مدراج نمیچکد، برق دستگاه را قطع کنید و اطاق بخار و قطعات پرست آنرا با یک دستکش از کند انور جدا نموده و در آب سرد فرو برید تا خنک شود. آنگاه قطعات را از هم باز کرده، آنها را شسته، کاملاً تمیز کرده و مجدداً روی هم سوار کنید. بچین فنجان و اطاق بخار و لوله خروجی اطاق بخار و نیز لوله دانغ کند انور را از هرگونه قطرات آب و لغت تمیز کنید.

ملاحظات

یک با دالسن حجم لغت (ml oil) و حجم آب (ml water) که از رصم ⑧ بدست آمده و نیز با دالسن وزن گل (بر حسب PPG) سترا کنید هر یک از ارقام دوازده گانه صغریه بعد را که مایل باشید، محاسبه کنید.
توضیح اینکه در این ملاحظات، وزن مخصوص لغت 0.8 gm/cc ، وزن مخصوص پرست 4.3 gm/cc و وزن مخصوص بنتونایت 2.5 gm/cc فرض شده است. این ارقام اندک قابل تغییرند.

% oil by volume	درصد حجمی نفت گال	$A = \text{ml oil} \times 5$
% water by volume	درصد حجمی آب گال	$B = \text{ml water} \times 5$
% solids by volume	درصد حجمی جامدات گال	$C = 100 - (A + B)$
grams oil in sample	وزن نفت در نمونه (بر حسب گرم)	$D = \text{ml oil} \times 0.8$
grams water in sample	وزن آب در نمونه (بر حسب گرم)	$E = \text{ml water}$
grams mud in the cup	وزن گال داخل فنجان (بر حسب گرم)	$F = \overline{MW}(\text{PPG}) \times 2.4$
grams solids in sample	وزن جامدات نمونه (بر حسب گرم)	$G = F - (D + E)$
ml solids in sample	حجم جامدات نمونه (بر حسب سانتی متر مکعب)	$H = 20 - (\text{ml oil} + \text{ml water})$
average SG of solids	SG متوسط جامدات گال	$I = \frac{G}{H}$
mud solids % by weight	درصد وزنی جامدات گال	$J = \frac{G}{F} \times 100$
high gravity solids % by volume	درصد حجمی جامدات سنگین	$K = (I - 2.5) \times 55.6$
low gravity solids % by volume	درصد حجمی جامدات سبک	$L = 100 - K$

تذکره - از روی SG متوسط جامدات یک گل شیرین و بگگ جدول زیر، می توان بطور تقریبی مقدار نسبی بار و فنونایت گل را تعیین نمود.

جدول ۱ - مقدار نسبی باریت و فنونایت موجود در بخش جامد گهای حفاری آب شیرین

SG جامدات	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.3
درصد وزنی باریت	0	18	34	49	60	71	81	89	100
درصد وزنی فنونایت	100	82	66	52	40	29	19	11	0

تذکره - از آنجا که در آزمایش تقطیر، کفیه مواد جامد موجود در گل - چه آنها که محلولند، مثل نمکها و چه آنها که نامحلولند و بصورت ستن در گل باقی میمانند، مثل رسها و مواد ذرات ایزا - نهایتاً در فنجان بصورت جامدات خود را نشان میدهند، در مورد گلهای شور یعنی گلهائی که مختصری سادیر قابل ملاحظه ای نمک محلول هستند، نتیجه آزمایش دقت کافی را نخواهند داشت؛ باین معنی که "درصد جامدات" حاصل از آزمایش در واقع مجموع جامدات محلول و نامحلول گل را نشان میدهد و حال آنکه آنچه بعنوان "درصد جامدات" برای مشخص در طول عملیات حفاری اهمیت دارد "درصد جامدات نامحلول" گل است نه "درصد جامدات محلول و نامحلول" آن. در اینگونه موارد باید بخاطر وجود نمک زیاد گل یک ضربت "برای نتیجه آزمایش در نظر گرفته شود. $\text{mg/lit} \text{ } \equiv \text{ ppm}$ نمک موجود در چنین گلهائی را میزان با آزمایش Chloride Test (که بزودتر خواهیم گفت)

تعیین کرد و از روی آن و با کمک جدول ۲، $\text{vol} \%$ (یا درصد حجمی) نمک کل در زیر SG مناسب آزمایش است آورد. با داشتن این اطلاعات و با استفاده از فرمول زیر میزان SG مواد جامد معلق و مطلق "کل را محاسبه کرد."

$$(f) \quad \text{SG}_{ss} = \frac{100 \times \text{SG}_m - \text{SG}_f (\text{vol} \% \text{ water} + \text{vol} \% \text{ salt}) - 0.8 (\text{vol} \% \text{ oil})}{\text{vol} \% \text{ total solids} - \text{vol} \% \text{ salt}}$$

در این فرمول :

SG_{ss} : وزن مخصوص مواد جامد معلق در کل

SG_m : وزن مخصوص خود کل (که با ترازوی گل اندازه گیری میشود)

SG_f : وزن مخصوص مناسب گل است

در فرمول فوق، کسیت های $\text{vol} \% \text{ water}$ ، $\text{vol} \% \text{ oil}$ و $\text{vol} \% \text{ total solids}$ بکلیت آزمایش تغییرات کسیت های $\text{vol} \% \text{ salt}$ و SG_f از روی جدول ۲، با درجه صحت بکلیت آزمایش کلاید تست بدست می آید. بدیهی است اگر ppm نمک کل بسیار اندک شود، کسیت $\text{vol} \% \text{ salt}$ صفر شده و SG_f برای یک میل خواهد بود. در این صورت فرمول فوق بشکل زیر خلاصه خواهد شد :

$$(g) \quad \text{SG}_{ss} = \frac{100 \times \text{SG}_m - (\text{vol} \% \text{ water} + 0.8 \text{ vol} \% \text{ oil})}{\text{vol} \% \text{ solids}}$$

پس توجه کنید که فرمول ۴، برای گلهای آب شور و فرمول ۵، برای گلهای آب شیرین بکار میرود.

جدول ۲، حجم نمک موجود در منابع گلهای شور را بر حسب غلظت نمک معلق در کل

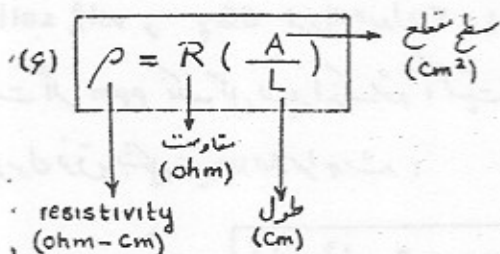
Chloride (Cl^-) Content, mg/lit	vol % salt	SG_f
5000	0.3	1.004
10000	0.6	1.010
20000	1.2	1.021
30000	1.8	1.032
40000	2.3	1.043
60000	3.4	1.065
80000	4.5	1.082
100000	5.7	1.098
120000	7.0	1.129
140000	8.2	1.149
160000	9.5	1.170
180000	10.8	1.194
188650	11.4	1.197

تذکره - اگر قبل از پر کردن فنجان از گِل ، یک لای بسیار نازک از گریس سیلیکان ، که یک روان کننده مقاوم در برابر حرارت زیاد است برافش آن بایند ، پس از پایان آزمایش ، نیز کردن جامدات خشک شده در فنجان بسیار آسان خواهد بود.

تذکره چهارم - قبل از پر کردن فنجان از گِل ، خاطر جمع شوید که در گِل حبابهای هوا زنده نشده اند. برای این منظور به 300 ml گِل ، دو تا سه قطره ضد کف (defoaming agent) افزوده و بآرایی آنرا هم بزنید تا اگر هوای در آن حبس شده باشد آزاد شود.

اندازه گیری RESISTIVITY گِل ، صنایع گِل و اندود گِل

مقدمه - بنا به تعریف electrical resistivity یک ماده عبارتست از مقاومت الکتریکی آن قسمت از ماده که طولش یک سانتی متر و سطح مقطعش یک سانتی متر مربع باشد.



اگر در این فرمول طول و سطح مقطع را به ترتیب 1m و $1m^2$ فرض کنیم آنگاه واحد ρ خواهد شد (ohm-m). کنترل و اندازه گیری resistivity گِل و صنایع آن در حین عملیات حفاری بمنظور بهتر ارزیابی کردن ویژگی های سازند با از روی log های الکتریکی میتوانند شنیده باشد. تعیین resistivity یک مایع با فنجان سیمانی مخصوص (مثل گِل حفاری) در حقیقت اندازه گیری مقاومت آن مایع است در برابر جریان برق. این اندازه گیری بوسیله دستگاهی سرعت سنجیدنی resistivity meter . resistivity meter یک دستگاه ترازیستوی است که میتواند resistivity گِل های حفاری ، مایعات ، دوغابها و نیمه جامدات (یا semi-solids) را با سرعت و دقت اندازه گیری کند. محدوده کار این دستگاه معمولاً از $(0.01 \text{ تا } 10 \text{ ohm} \cdot \frac{m^2}{m})$ میباشد. اصول کار این دستگاه اینست که حجم مستطینی از گِل در یک لوله شیشه ای با طول و سطح مقطع ثابت و مشخص ، که در دو انتهای خود دو قطب یک باتری را دارد قرار بگیرد و شکل هندسی لوله را پیدا میکنند (از نظر طول و سطح مقطع) . این لوله روی دستگاه resistivity meter سوار میشود. با روشن کردن کلید دستگاه ، جریان معینی از برق DC از درون ستون گِل میگذرد و مقاومت آنرا بر حسب ohm اندازه گیری میکنند اگر مقاومت گِل را (بر حسب ohm) در ثابت لوله (*) که بر حسب $\frac{m^2}{m}$ است ضرب کنیم ، resistivity گِل

(*) Cell Constant (یا ثابت سلول یا ثابت لوله) ، بنا به تعریف عبارتست از خارج قسمت سطح مقطع لوله بر حسب

(۷) $Cell\ Constant = \frac{A}{L} \equiv \frac{m^2}{m}$: پس واحد آن $\frac{m^2}{m}$ است یعنی :

بر حسب ohm-m بدست می آید : $\text{Resistivity} = \text{Resistance} \times \text{Cell Constant}$

$$\rho = R \times \frac{A}{L}$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 ohm-m ohm $\frac{\text{m}^2}{\text{m}}$

معمولاً از دستگاهها، خود لوله‌های آزمایشگاه - این حاصل از سبب انجام سیرالاند و عقربه دستگاه مستقیماً resistivity گلی را نشان میدهد - این در دستگاههای قدیمی تر آنها، مقاومت سلول گلی تعیین میشود. در این صورت برای بدست آوردن resistivity آن، باید مقاومت را در ثابت سلول ضرب کرد.

روش اندازه گیری resistivity گلی یا صواب آن

۱- لوله‌های گلی را از گلی یا صواب آن پر کنید. دقت کنید که صابها هوا - بویژه بین دو قطب لوله - وارد نشود برای این منظور چند دفعه لوله را پرو خالی کنید تا جبهه داخل آن کاملاً تر شود (اگر لوله را از گلی پر کرده اید ممکن است لازم باشد ۵ تا ۳ دقیقه صبر کنید تا گلی و لوله بیک درجه حرارت تعادل برسند)
 ۲- لوله‌های را روی دستگاه سوار کنید.

۳- دکمه سیاه را فشار داده و عقربه را برای خواندن تمام مقیاس تنظیم کنید.

۴- در حالیکه دکمه سیاه را همچنان فشرده نگه داشته اید، دکمه قرمز را نیز فشار دهید و resistivity گلی یا صواب را مستقیماً روی صفحه دستگاه بخوانید (درجه حرارت را نیز از روی میزان الحرارة یادداشت کنید)

۵- لوله‌های گلی را از دستگاه جدا کرده و آنرا با آب شطرنجی ملاً بشوئید. اگر ذرات گلی بجا مانده اند و با آب شطرنج پاک نمی‌شوند، از صاب مخصوص تمیز کردن لوله استفاده کنید. در شستشوی لوله هرگز سولهای سیمانی بکار نبرید و هنگام تمیز کردن آن با صاب، دقت کنید که جبهه لوله خراش بر نماند.

روش اندازه گیری resistivity اندودگی

۱- آبهای اضافی اندود را دور کنید و لوله‌های گلی را از سوراخ بالای آن از اندود پر نمائید.

۲- راجل ۵ تا ۲ فوق را انجام دهید و resistivity اندودگی را اندازه بگیرید.

تذکره ۱ - دقیقه در مرحله ۳) دکمه سیاه را فشار دهید، اگر عقربه نتراند تمام مقیاس را بخواند، باطری دستگاه ضعیف شده و باید عوض شود. هنگام تعویض باطری به پلاریتی آن توجه داشته باشید تا به تراز سیرالاند ها مدتها وارد نیاید.
 تذکره ۲ - گاهی در هنگام حمل و نقل (دستگاه)، ممکن است جبهه در ترمومتر نکته ترازه و یکپارچگی خود را از دست بدهد. به سه روش میتوانیذ ذرات جبهه جدا شده از هم را مجدداً بهم پیوندید :

- ۱- حساب ترنومتر را در یک شلخ گنجانید تا تمام حبه در حساب جمع شود. ضمن بالا رفتن لوله حبه پیکار چه میشود.
- ۲- حساب را گرم کنید بطوریکه حبه تا آنجا که بتوانند بالا رود. آنگاه بگذارید حبه سرد شود. ضمن سرد شدن، حبه پیکار چه میشود.
- ۳- قسمت بالای ترنومتر را قلم بکشید و ترنومتر را چندین بار از بالا پائین قلم نکال دهید. حبه در قسمت پائین ترنومتر جمع شده و پیکار چه میشود.

اندازه گیری Emulsion Stability

برای تعیین نوع emulsion (آب در نفت یا نفت در آب) و stability آن، از دستگاه emulsion tester استفاده میشود. این دستگاه در اندازه های گوناگونی، سیاهها و سفیدها قابل استفاده است و تکمیل آن میتوان به پیکاری و مقاومت این سیاهها را در برابر آلودگی های الکتریکی از روی emulsion stability نسبی آنها پیش بینی نمود.

روش استفاده از دستگاه

- ۱- سیاه را که میخواهید emulsion stability آنرا اندازه بگیرید در داخل یک لیرا نشیمن (دیاپلاستیک ریخته تا ارتفاع آن به بیش از یک اینچ برسد.
- ۲- سه شلخ را در داخل سیال فرو برید و dial را بچپ بچرخانید تا عدد در دالتا نزدیک صفر برسد (یک یا دو درجه با صفر فاصله داشته باشد).
- ۳- دکمه قرمز را فشار دهید و در همین حالت ۵ تا ۱۰ ثانیه صبر کنید و بعد (در سیاه که را بچکان نشود نگهداشته اند) dial را تدریجاً بر است بچرخانید تا دالتا بین دو سر الکترودها رفته رفته افزایش پیدا کند. وقتی که چراغ دستگاه روشن میشود (یعنی وقتی که emulsion میشکند و جریان برق بین الکترودهای شلخ برقرار میشود) ، dial reading را یادداشت کنید.

۴- ضابطه emulsion stability سیال را از جدول زیر بدست آورید :

$$\text{Emulsion Stability, volts} = \text{dial reading} \times 2$$

تذکرات :

- الف- اگر منظور حصول دقت بیشتر، باید آزمایش فوق را تکرار کنید. بهترین در شروع هر آزمایش، شلخ و الکترودهای آنرا تمیز کرده و خشک کنید و سیال را با یک همزن نشیمن ای (دیاپلاستیک) هم بزنید. برای تمیز کردن شلخ و الکترودها، کرومین یا نفتا بهترین مواد هستند. محلولهای فرارتر (مثل الکل) برای شلخ زیان آورند. فاصله بین الکترودها را همیشه با یک پارچه بسیار نرم و با دستمال کاغذی تمیز کنید. برای این منظور هرگز از اشیاء فلزی استفاده نکنید زیرا علاوه بر خراب شدن الکترودها، ممکن است برق گرفتگی شدید را هم رساند.
- ب- همیشه در شروع هر آزمایش، dial reading باید صفر باشد (تقریباً صفر).

پ - شاکت راورسیالهای بسیار داغ (بیشتر از 300°C) برای مدت زیاد نگه ندارید.
(عمده بافری این دستگاه یکسال است)

اندازه گیری pH (یا غلظت یون هیدروژن) گلی

میزان acidity و alkalinity گهای خنثی از روی غلظت یون هیدروژن آنها که معمولاً بوسیله pH بیان میشود معلوم میگردد. pH یک محلول کاملاً خنثی برابر هفت است. pH محلولهای قلیائی از ۷ شروع میشود و ۱۴ میرسد و هر چه که alkalinity محلول زیادتر باشد pH آنهم بیشتر است. pH محلولهای اسیدی از هفت شروع میشود و هر چه که acidity محلول زیادتر باشد pH آن کمتر است. با اندازه گیری pH گلی، میتوان پی برد که آیا گلی اصیابجی به کنترل سببائی دارد یا نه. ضمناً اینده اندازه گیری pH گلی، وجود زینک بائی از قبیل gypsum, CMT و غیره را نیز نشان میدهد. pH مناسب برای یک گلی خنثی بستگی به نوع آن گلی دارد.
برای اندازه گیری pH گهای خنثی دو روش مرسوم است :

الف - روش رنگ سنجی اصلاح شده (modified colorimetric method)

در این روش از نوارهای کاغذی ویژه ای نام (pHydron papers) استفاده میشود. این نوارهای کاغذی، آغشته به مواد رنگی مخصوصی هستند که چون در محیط مرطوب قرار گیرند، بر حسب pH آن محیط رنگشان تغییر میکنند و کلماتی بعد ثابت میشود. برای اندازه گیری pH یک گلی باین روش، ابتدا گلی را خوب بهم بزیند و بعد قطعه ای از نوار کاغذی را بطول تقریباً پنج بریده و طوری روی سطح گلی قرار دهید که گلی فقط با یک طرف آن تماس پیدا کند. اندک ممبر کنید. کاغذ، آب گلی را جذب میکند و رنگش بلافاصله عوض میشود لیکن مدتی طول خواهد کشید - در حدود یکدقیقه - تا رنگ، پایدار شود. با تغییر رنگ این سوی کاغذ (یعنی سونی که بگل آغشته نیست) با رنگهای استاندارد که برای همین منظور روی قوطی نوار قرار داده شده اند مقایسه کنید pH گلی را تخمین بزیند. اگر رنگ کاغذ با هیچیک از این رنگها مطابقت نمیکند باید نوار کاغذی دیگری با صائینی متفاوت از آن بردارید و آزمایش را از نو تکرار کنید. کاغذهای pHydron از نظر حساسیت به دو نوع تقسیم میشوند:

نوع wide range (یا کم حساس) که امکان تخمین pH گلی را تا $\frac{5}{11}$ واحد میدهد.

نوع narrow range (یا حساس) که امکان تخمین pH گلی را تا $\frac{2}{11}$ واحد میدهد.

تذکره - نوارهای کاغذی pHydron را همیشه در جایی خشک و تمیز و حتی القدر در دراز نور مستقیم آفتاب نگهداری کنید.
تذکره - نوارهای کاغذی pHydron، تنها برای اندازه گیری pH گهای آب شیرین (یعنی گهایی که غلظت نمک آنها کمتر از ۱۰۰۰۰ ppm است) مناسب هستند. اگر غلظت نمک گلی بیش از این اندازه باشد، این نوارها دیگر مقبول نیستند pH گلی را دقیقاً اندازه گیری کنند. در این صورت بهتر است از دستگاه pH سنج با الکتروودشیشه ای استفاده شود.

ب - روش الکترومتری (electrometric method)

در این روش، از دستگاه pH سنج استفاده می‌شود. این دستگاه از سه قسمت اصلی درست شده است:

کب الکترو *

کب آمپلیفایر (یا تقویت کننده) الکترونیکی

کب صفحه مدرج برای خواندن pH

الکترومتر دستگاه خود از دو قسمت درست شده است: یک قسمت، الکترومتر نیمه ای است که حساب می‌کند از جنس یک شیشه مخصوص و نازک، مخبره یک الکترومتر و یک الکترومتر مناسب و قسمت دیگر یک الکترومتر کاتود که از اجزای شیشه است که بوسیله یک vacuum tube مخبره محلول اسید یا قلیا می‌کند. در این روش، در این روش، برقرار کردن ارتباط الکتریکی با گیل است. پتانسیل الکتریکی ای که بوسیله یونهای هیدروژن موجود در گیل، در الکترومتر دستگاه بوجود می‌آید بوسیله آمپلیفایر تقویت شده و موجب حرکات عقربه دستگاه روی صفحه مدرج می‌شود.

pH سنج در اندازه گیری pH گلهائی که عملیات یون سلیم آنها زیاد است دچار خطا می‌شود مگر آنکه الکترومتر مخصوص در آن بکار گرفته شود یا آنکه اگر الکترومتر خود را کالیبره کنیم، یک correction factor (یا ضریب تصحیح) برای آن منظور داریم.

طرز کار با pH سنج و روش اندازه گیری pH محلولهای شیمیائی (منجمد گل حفاری) در کتاب لگ دستگاه نوشته شده است.

تیمبر - بک محلولی صرف (مثل قالیس و تمولفالتین) نیز می‌توان حدود pH صاف گلهائی حفاری را تعیین نمود:

الف - یک ml از صاف گیل را بوسیله یک سرنگ در یک ظرف بکشی که یکپد و کپسول بریزید (با آب رقیق کنید!) در قطره محلول صرف (مثل قالیس) با آن بنزائید. اگر رنگ آن تغییر کرد pH صاف گیل که بوسیله اسیدی ۸.۲ است یعنی اگر رنگ محلول صرف به قرمز یا قرمز شد pH صاف گیل بزرگتر از ۸.۳ است.

ب - یک ml از صاف گیل را بوسیله یک سرنگ در یک ظرف بکشی که یکپد و کپسول بریزید (با آب رقیق کنید!) در قطره محلول صرف (تمولفالتین) با آن بنزائید. اگر رنگ آن ششما آب شد، pH صاف گیل بزرگتر از ۱۰ است. اگر رنگ آن آب روشن شد، pH صاف گیل بین ۹.۳ تا ۱۰ است و چنانچه تغییر رنگی حاصل نشد pH صاف گیل کمتر از ۱۰ (و احتمالاً زیر ۹.۳) است. تذکر - در قسمت "الف" بعد از مشاهده تغییر رنگ میزان آن را از این راه داده داد و محلول را با اسید سولفوریک استاندارد (N/50)

سنجید و P صاف گیل را بدست آورد (رنگ - اندازه گیری alkalinity، صفحه ۱۶۹)

(*) الکترومتر یک جوی است که بوسیله آن جریان برق وارد سیال می‌شود با آن خارج می‌گردد

(**) الکترومتر کاتود (Hg₂Cl₂) یک الکترومتر استاندارد است (یعنی الکترومتری است که پتانسیل آن ثابت است) همین دلیل عنوان واحد، برای اندازه گیری پتانسیل سایر الکترومترها بکار می‌رود

اندازه گیری ALKALINITY

مقدمه - همانطوریکه قبلاً هم اشاره شد میزان alkalinity ، acidity ، گلهای حفای از روی غلظت یون هیدروژن آنها که معمولاً بوسیله pH بیان میشود معلوم میگردد. بدیهی است که اگر غلظت یون هیدروژن در گلی ثابت بماند ، pH گلی نیز ثابت خواهد ماند لیکن این الزاماً آن معنی نیست که محلولی غلی نیز ثابت است. ونسبتی ندارد در بر احواس و ویژگیهای گلی علاوه بر آنکه به غلظت یون هیدروژن آن بستگی دارد ، تابع غلظت و ماهیت سایر یونهای موجود در گلی نیز میباشد. گذشته از این ، تعیاس pH ، یک تعیاس لگاریتمی سکولوس است $(pH = -\log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]})$. بنابراین آکالیسیتی یک گلی high pH میتواند بمیزان قوی ملاحظه ای کم در زیاد نشود در حالیکه در pH آن محسوس تغییری مشاهده نشود. همین دلیل است که آنالیز صنایع گلهای طبیعی بمنظور تعیین alkalinity آنها ، در تعیاست خواص فیزیکی شان مهمتر از اندازه گیری pH آنهاست.

کنترل دقیق " مقدار " و " نوع " آکالیسیتی گلهای حفای آبی میتواند باعث بهبود خواص rheologic آنها - از جمله FL ، GS ، corrosion ، بازدهی غلظت و خواص inhibitive گلی بشود. کطبه در اکثر گلهای حفای که در این خواص اثر میگذارند ، در محیط فاز مایع گلی رخ میدهند و alkalinity تعیاس کسده رفتار فاز مایع گلی است در برابر این واکنشها.

بنا بر تعریف alkalinity ، عبارتست از غلظت یونهای هیدروکسید (OH^-) اضافی یک محلول آبی. این یونها میتوانند از منابع گوناگون وارد محلول (مثلاً وارد گلی حفای) شوند ، بشرح زیر:

۱- یونهای هیدروکسید ممکن است در اثر یونیزاسیون آهک و کلسیم سورا - که معمولاً برای تعیاس pH گلی



۲- اگر در گلی یون کربنات وجود داشته باشد ، ترکیب آن با آب میتواند مولد یون هیدروکسید شود.



۳- یونهای بیکربنات حاصل خود نیز مولد یون هیدروکسید هستند



۴- یونهای هیدروکسید ، گاهی هم از محل شدن بر آنها (BO_3^{3-}) ، سیلیکاتها (SiO_3^{2-}) و فسفاتها (PO_4^{3-}) ی محلول

در آب ناشی میشوند.

در مطالعه خواص گلهای حفای نمیتوانیم باید از مقدار گلی آکالیسیتی گلی با اطلاع بود بلکه باید " نوع " آنرا نیز دانست ،

یعنی معنی آنکه alkalinity از آن ناشی شده است شناخت.

میدانیم که آب در اثر یونیزاسیون ، ملین فرمول زیر تبدیل به یونهای H^+ و OH^- میشود :



در یک محلول خنثی، تعداد یونهای H^+ با تعداد یونهای OH^- مساویست، کین اگر تعداد یکی از این یونها نسبت به دیگری افزایش یابد، محلول از حالت خنثی خارج خواهد شد. بر حسب آنکه تعداد یونهای H^+ محلول زیادتر شود یا تعداد یونهای OH^- آن، محلول برتریب اسیدیک (acidic) یا قلیائی (alkaline) میگردد. بهمانطوریکه قبلاً گفتیم، pH محلولها خنثی هفت است و pH بین ۷ تا ۱۴ نشان دهنده غلظت اندک H^+ - یا غلظت زیاد OH^- - است و در هر حال، pH در یک چنین محلولی از خاصیت آن alkalinity قوی میگردد. برعکس، pH واضح در محلولی هفت تا منفی دلیل بر acidity محلول است.

در alkalimetry گاهی صفی (X) به مواد زیر احتیاج داریم:

- ۱- محلول استاندارد اسید سولفوریک یا اسید نیتریک ($\frac{N}{50}$)
- ۲- محلول معرف فنل فتالین، غلظت (۱ gm/100 ml of 50% alcohol)
- ۳- محلول معرف متیل اورانژ، غلظت (0.1 gm/100 ml H_2O)

روش اندازه گیری } phenolphthalein alkalinity of filtrate یا P_f
 methyl orange alkalinity of filtrate یا M_f

- ۱- یک سیلیندر (یا بشر) از صاف گل را بوسیله سرنج در یک طرف سنجش بریزید
- ۲- دو تا سه قطره محلول معرف فنل فتالین بآن بریزید. اگر رنگ آن صورتی شود، با محلول $\frac{N}{50}$ اسید سولفوریک قطره قطره سنجش کنید و هم بریزید. خاتمه عمل وقتی است که رنگ صورتی محلول معرف ناپدید شده و رنگ اصلی صاف دوباره ظاهر شود.

$$(A) \quad P_f = \frac{\text{حجم اسید سولفوریک } \frac{N}{50} \text{ مصرف شده (ml)}}{\text{حجم صاف نمونه (ml)}}$$

۳- P_f را از جدول زیر حساب کنید

تذکره - اگر رنگ صاف مورد آزمایش طوری است که تغییر رنگ محلول معرف در آن بخوبی دیده نمیشود (مثلاً صاف خیلی کدر است) در این صورت خاتمه عمل را وقتی بگیرید که pH نمیشود ۸٫۳، کاهش پیدا میکنند (pH را با سنج اندازه گیری کنید).

- ۴- به محلول فوق، چند قطره محلول معرف متیل اورانژ بریزید تا رنگ نارنجی متمایل به زرد حاصل شود. بعد با همان اسید واز همان بورت، سنجش را ادامه دهید تا این رنگ زایل شده و محلول رنگ salmon pink (یا عناب روشن) پیدا کند. در این لحظه pH محلول را اگر با سنج اندازه گیری کنید باید ۴٫۲ باشد.

(X) alkalimetry یعنی تعیین alkalinity یک محلول بر روش سنجش آن محلول با محلول یک اسید استاندارد.

۵- M_f را از فرمول زیر حساب کنید

$$(9) M_f = \frac{\text{حجم کل اسید سولفوریک} \frac{N}{50} \text{ مصرف شده (ml)}}{\text{حجم صابن نمونه (ml)}}$$

تذکره - P_f دلالت بر alkalinity ناشی از هیدروکسید های موجود در صابن میکند M_f دلالت بر alkalinity ناشی از کربنات ها و بی کربنات های موجود در صابن میکند.

بنابراین با اندازه گیری P_f و M_f میتوان "مقدار"، "نوع" آکالیسیتی گل را تعیین نمود. بدین ترتیب دیگر با داشتن مقادیر P_f و M_f میتوان غلظت یون OH^- گل و نسبی را که این یون از آن ناشی شده است، مشخص کرد. جدول زیر نگاه کنید: با داشتن P_f و M_f میتوان alkalinity ناشی از هر منبع را بر حسب epm تعیین کرد.

جدول ۳- رابطه تجربی بین "فراوانی" و "صابنی که آکالیسیتی گل از آنها ناشی شده است"

اگر ↓	OH^-, epm	HCO_3^-, epm	CO_3^{2-}, epm	
1 $P_f = 0$	0	$20M_f$	0	poor condition, very difficult to control
2 $P_f = M_f$	$20P_f$	0	0	mud stable, good condition
3 $2P_f = M_f$	0	0	$40P_f$	mud unstable, can be controlled
4 $2P_f < M_f$	0	$20(M_f - 2P_f)$	$40P_f$	mud unstable, difficult to control
5 $2P_f > M_f$	$20(2P_f - M_f)$	0	$40(M_f - P_f)$	mud stable, good condition

ملاحظه میکنید که:

در حالت اول که P_f صفر است، alkalinity منحصرأ ناشی از یون بیکربنات استدر حالت دوم $P_f = M_f$ است. این بدان معنی است که برای رختن از "خاکه عمل" قبل فالتین به "خاکه عمل"میتوان ادرانز، نیازی به افزودن اسید نیست بنابراین alkalinity در این حالت منحصرأ ناشی از وجود یون هیدروکسید (OH^-) میباشد.در حالت سوم که $2P_f = M_f$ است، alkalinity صابن منحصرأ ناشی از وجود یون کربنات استدر حالت چهارم که $2P_f < M_f$ است، alkalinity صابن ناشی از وجود یون های کربنات و بی کربنات میباشددر حالت پنجم که $2P_f > M_f$ است، alkalinity صابن ناشی از وجود یون های هیدروکسید و کربنات است.

اگر نخواهیم epm (یا equivalent ppm) یون های فوق را به actual ppm آنها تبدیل کنیم، باید از ضریب تبدیل (یا conversion factor) های زیر استفاده کنیم:

$$\text{ppm of OH}^- = 17 \times \text{epm of OH}^-$$

$$\text{ppm of HCO}_3^- = 61 \times \text{epm of HCO}_3^-$$

$$\text{ppm of CO}_3^{2-} = 30 \times \text{epm of CO}_3^{2-}$$

تذکره - epm یک جسم حل شده در یک محلول، با تریلیت، برابر است؛ ppm آن جسم تقسیم بر

$$\text{epm} = \frac{\text{ppm}}{\text{EW}} \quad \text{یعنی:} \quad (10)$$

روش تعیین P_m (یا phenolphthalein alkalinity of mud)

۱- محلول را خوب بهم بریزید و بعد یک پیچ لیتر (یا بیشتر) از آن را در یک سرنگ در یک ظرف سنجش بریزید و با آب تمیز

حجم آنرا به ۲۵ تا ۵۰ پیچ لیتر برسانید.

۲- چهار پنج قطره محلول معرف فل متالین بآن بزنید. اگر رنگ آن صورتی شده، با محلول $\frac{N}{50}$ اسید سولفوریک

قطره قطره سنجش کنید و بهم بریزید. خاتمه عمل وقتی است که رنگ صورتی محلول معرف ناپدید شده و رنگ اصلی گل دوباره ظاهر شود

۳- P_m را از فرمول زیر حساب کنید

$$P_m = \frac{\text{حجم اسید سولفوریک } \frac{N}{50} \text{ مصرف شده (ml)}}{\text{حجم گل نمونه (ml)}} \quad (11)$$

تذکره - اگر رنگ گل طوری است که تغییر رنگ محلول معرف در آن بجز به دیده نمی شود (مثلاً گل خیلی کدر است) در این صورت

خاتمه عمل را وقتی بگیرید که pH قیط به ۸٫۳ کاهش پیدا میکند (pH را با pH سنج اندازه گیری کنید)

اندازه گیری LIME CONTENT (یا درصد آهک) گل

برای تعیین درصد آهک گل باید مقادیر P_f ، P_m و F_w را بدانیم.

همانطور که میدانید، P_f و P_m برزیب آلکالینیتی قلی صنایب گل و خند گل میباشند. F_w هم درصد آب موجود

در گل است که بر روش فنپتر گل تعیین میشود. اگر گل فنپتر شده باشد و مقدار F_w آن معلوم نباشد، میزان از روی جدول

شکل ۳، مقدار تقریبی آنرا بدست آورد. مقادیر P_f و P_m و F_w را یا در فرمول زیر میگذاریم و یا آنها را بر روی نمودار گراف

شکل ۳ مشتمل کرده و lime content گل را بدست می آوریم.

$$\text{Lime Content, ppb} = 0.26 (P_m - P_f \times F_w) \quad (12)$$

NOMOGRAPH FOR ESTIMATING LIME CONTENT OF LIME-TREATED MUDS

Pounds of lime per barrel = 0.26 (P_m - F_wP_f)

P_m = ml N/50 H₂SO₄ required per ml mud

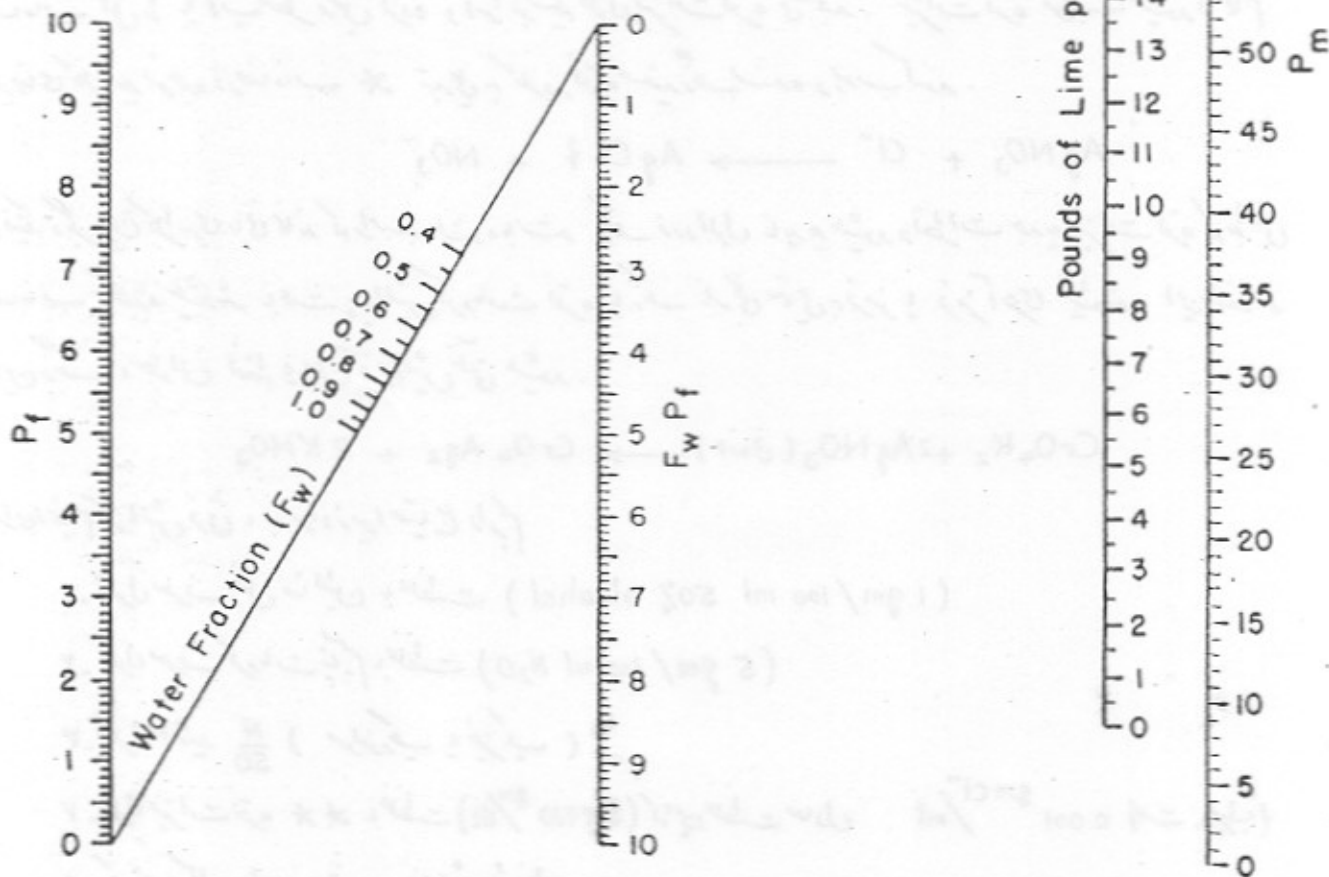
P_f = ml N/50 H₂SO₄ required per ml filtrate

F_w = Volume fraction of water in mud (from solids determination or table below)

APPROXIMATE VALUES FOR F_w

Mud Gradient,		Mud Density,		F _w		
Psi/M ft	Lb per Gal	Lb Cu Ft	No Oil	10-Percent Oil	15-Percent Oil	
520	10.0	75.0	0.89	0.79	0.74	
570	11.0	82.5	0.86	0.76	0.71	
625	12.0	90.0	0.82	0.72	0.67	
675	13.0	97.5	0.79	0.69	0.64	
730	14.0	105.0	0.75	0.65	0.60	
780	15.0	112.5	0.72	0.62	0.57	
830	16.0	120.0	0.68	0.58	0.53	
885	17.0	127.5	0.65	0.55	0.50	
935	18.0	135.0	0.62	0.52	0.47	

NOTE: For other percentages of oil, subtract 0.01 for each 1 percent oil from the value of F_w for no oil.

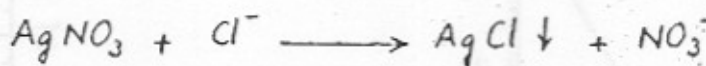


شکل ۳

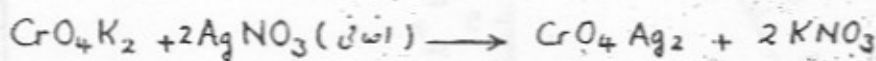
اندازه گیری غلظت یون کلراید

در مناطقی که نمک، گسل حفاری را آلوده میکند Chloride Test اهمیت ویژه ای دارد. نمک این تست میزان غلظت یون کلراید صاف را مشخص کرد و با یک تناسب ساده مقدار نمک گسل را تعیین نمود.
نمک ممکن است از یکی از طرق زیر وارد گسل حفاری شود:

- ۱- از طریق آب محرف جهت سفت شدن گسل (make-up water)
 - ۲- از طریق رگه یا باسترهای نمکی زیر زمینی (salt stringers or beds)
 - ۳- از طریق جریانهای آب شور زیر زمینی (salt water flows)
- بجز در مواردی که گسل مخصوصاً طوری طراحی ساخته شده است که بتواند آلودگی های ناشی از نمک را تحمل کند، در سایر موارد وجود نمک در گسل سبب بروز آثار نامطلوب روی دیسکاستی و GS، FL و سایر خصوصیات گسل میشود. کنترل دائمی و پورته غلظت نمک گسل، برخورد مستقیم را بالای های نمکی بزرگی معلوم میکند.
برای اندازه گیری غلظت یون کلراید گسل، روش معمولاً اینست که در حضور محرف کربنات پتاسیم، نمونه ای از صاف گسل را با آب متطرقین کرده و آنرا بوسیله محلول نترات نقره می سنجند. نترات نقره موجب میشود که تمام یونهای کلراید موجود در صاف * تبدیل به کلرور نقره سفید رنگ شده و در آب گسلند.



وقتی که دیگر یون کلرایدی باقی نماند که در آب رانده باشد رنگ زرد محلول ناپدید میشود و قطرات جدید نترات نقره که بداخل صاف بچکیده میشوند باعث پیدایش کربنات نقره با رنگ نارنجی متمایل به قرمز یا قرمز آجری میشوند. این لحظه و این رنگ، عنوان نقطه پایان آزمایش تلقی میشود.



برای انجام آزمایش فوق، به مواد زیر احتیاج داریم

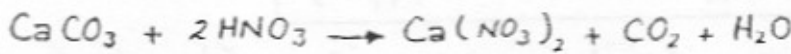
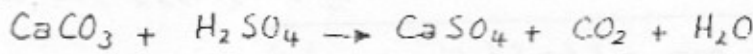
- ۱- محلول معرف فل متالین با غلظت (1 gm/100 ml 50% alcohol)
- ۲- محلول معرف کربنات پتاسیم با غلظت (5 gm/100 ml H₂O)
- ۳- محلول اسید N/50 (سولفوریک یا نیتریک)
- ۴- محلول نترات نقره * * با غلظت (4.7910 g/lit) که این غلظت معادل 0.001 gm Cl⁻/ml است. (چرا؟)
- ۵- کربنات پتاسیم راب شده، نوع شیمیائی خالص

(*) منظور یونهای کلرایدی است که از یونیزاسیون هر نوع کلروری مثل کلرور سدیم، کلرور کلسیم، کلرور منیزیم و غیره در صاف بوجود می آید.

(*) * محلول نترات نقره را همیشه در ظروف کدر نگهداری کنید.

روش آزمایش

- ۱- یک پیلا لیتزر (یا سبزه) از صابون گل را بوسیله سبزه در ظرف سبزه بریزید.
- ۲- دو یا سه قطره محلول قهوه قلی قالیقین با آن بیزاید. اگر رنگ محلول سبزه صورتی شده (که این دلیل بر بازی بودن قلیط است) ، محلول را با اسید تا آنجا بسنجید که این رنگ ناپدید شده و رنگ اصلی صابون دوباره ظاهر شود.
- ۳- اگر رنگ صابون تیره است ، دو پیلا لیتزر دیگر اسید افزوده و بعد یک گرم کربنات کلسیم اضافه کنید و هم بزنید.



- ۴- ۲۵ تا ۵۰ پیلا لیتزر آب منظر و ۱۰ تا ۱۵ قطره محلول سبزه کربنات کلسیم بیزاید. رنگ قلیط عمل زرد می شود.
- ۵- محلول حاصل را با محلول نیترات نقره تا آنجا بسنجید که رنگ زرد ناپدید شده و رنگ نارنجی متمایل به قرمز یا قرمز آجری پدید آید (نقطه بیان)

- ۶- حجم محلول نیترات نقره مصرف شده را بر حسب پیلا لیتزر یادداشت کنید.
- ۷- محاسبه : غلظت یون کلراید صابون را طبق فرمول زیر محاسبه کرده و گزارش کنید.

$$\text{Cl}^-, \text{ppm} = \frac{\text{حجم محلول نیترات نقره مصرف شده (ml)} \times 1000}{\text{حجم صابون برداشته شده (ml)}} \quad (۱۳)$$

تداخلات ضروری :

- ۱- مرحله ۴ جزء Chloride Test نیست و انجام آن صرفاً منظور جلوگیری از alkalinity interference (یا تداخل آلکالینیتی) با این آزمایش است.

- ۲- در توضیح مرحله ۴ ، اگر در اثر استفاده از تیزهای شیمیایی در گل ، صابون آن بقدری تیره و کدر است که تیز رنگ معرف کربنات کلسیم در نمونه رقیق شده آن بدرستی تشخیص داده نمی شود ، برای زدودن تیز رنگ صابون بطریق زیر عمل کنید : به حجم دلخواه و متنی از صابون اصلی ، آنقدر اسید نیتریک زایل بیزاید تا رنگ آن خرابی شود. آنکه که پودر زغال چوب فعال شده و بهر کلراید با آن افزوده و خوب هم بزنید و از یک صافی عبور دهید. ردی کاغذ صافی را آنقدر با آب منظر بشوئید تا حجم محلول صاف شده زیر آن به ۵۰ ml برسد. مقداری (در حدود یک گرم) پودر کربنات کلسیم را سب شده و از نوع شیمیایی و خالص آن به محلول زیر کاغذ صافی اضافه کنید و هم بزنید بطریقی مقداری از آن حل شده در محلول باقی ماند. ایک ۴ تا ۵ قطره محلول سبزه کربنات کلسیم به محلول بیزاید و مطابق مرحله ۵ عمل کنید.

- ۳- اگر حجم محلول نیترات نقره مصرف شده در مرحله ۶ بیش از ۱۰ ml شود ، آزمایش را مجدداً تکرار کرده کین این دفعه یا غلظت محلول نیترات نقره را افزایش دهید یا آنکه اگر دوباره با همان محلول نیترات نقره نتیجه سبزه سنجش کنید ، حجم کمتری از صابون را برگزینید. برعکس این مطلب هم صحیح است : یعنی اگر حجم محلول نیترات نقره مصرف شده آنقدر کم

باشد که ششیم آن سهولت انجام پذیر باشد، برای دقت بیشتر آزمایش را مجدداً تکرار کرده گین یا غلظت محلول
نیزات لقره را کاهش دهید و یا آنکه این مرتبه حجم بیشتری از صاف را برگزینید. بهر حال اگر فاکتور یا نزالیه محلول
نیزات لقره مصرف شده N باشد، غلظت این کلراید صاف را از فرمول زیر بدست آورید:

$$(14) \quad Cl^{-}, ppm = 35500 N \times \frac{\text{جم نيزات لقره } N \text{ نزال مصرف شده (بر حسب ml)}}{\text{جم صاف برداشته شده (ml)}}$$

و غلظت نمک موجود در صاف را از فرمول زیر بدست کنید:

$$(15) \quad \text{Salt, ppm} = 1.648 (Cl^{-}, ppm)$$

۴- باید بخاطر داشت که غلظت Cl^{-} که با این ترتیب بدست میآید واقعاً بر حسب ppm نیستند بلکه بر حسب
 mg/lit میباشند و این بخاطر آنست که در مرحله ① تنها بخاطر سهولت کار، بجای "وزن معینی" از صاف،
"حجم معینی" از آنرا انتخاب کرده و مورد آزمایش قرار دادیم. اگر بخواهیم نتایج کلراید تست بر حسب ppm واقعی
پان شوند یا باید در مرحله ① بجای یک سیل لیتر (یا بیشتر) از صاف، یک گرم (یا بیشتر) از آنرا برداریم
و یا اینکه نتایج فوق را که بر حسب mg/lit هستند بر $S.G$ صاف نسیم کنیم. البته ما داریم که غلظت نمک صاف
اندک است (زیر $10000 ppm$)، mg/lit ، ppm از نظر عدد، تقریباً یک هستند اما در صافهایی که
بسیار شورند، mg/lit ، ppm از نظر اندازه تفاوت دارند. بهر حال نتایجی که بصورت فرمولهای فوق بیان شده
nominal value (یا قدر اسمی) هستند مطابق با API RP 13B میباشند.

۵- اگر در صاف گل آزاری از سولفورها باشد، مثلاً گل درجه آغشته به گاز هیدروژن سولفور شده باشد
در این صورت هنگام سنجش صاف با نیزات لقره، رسوب قهوه ای تیره سولفور لقره ایجاد خواهد شد.



نمونه جدیدی از صاف را برداشته و $1 ml$ اسید نیتریک نزال و $2 ml$ محلول معرف کرمات پتاسیم بان بزرگ
اگر زرد رنگ نیز لازم باشد یک گرم کربنات کلسیم را آب شده، نوع سیمیالی خالص، اضافه کنید و محلول را با آب مقطر تا
 $50 ml$ رقیق کرده و سنجش آنرا با نیزات لقره شروع کنید. و اگر زرد رنگ نیز لازم باشد، مقداری پودر زغال
چوب فعال شده بر روی کلراید را آن افزوده و مطابق آنچه که در (تذکره) گفته شد عمل کنید.

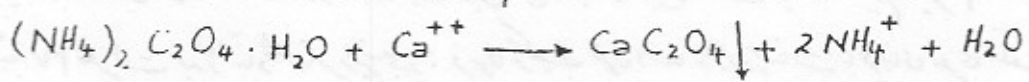
اندازه گیری سختی آب یا صاف گهای حفاری

مقدمه - قبلاً گفتیم آنچه که بمقدار زیاد، نمکهای محلول کلسیم و منیزیم در خود داشته باشد آب سخت نام دارد. آب
سخت برای عملیات حفاری ابداً مناسب نیست زیرا رسوبات آن بزدهی بسیار کمی دارند و هر چه که سختی آب بیشتر شود این
بزدهی کمتر میشود یعنی رسوب بیشتری لازم است تا گل، $gellation$ مناسبی پیدا کند. آبهایی که در بسیاری از مناطق

فنی در بررسی هتید ناممانه بیدار است میباشد. اگر چه در مان شیمیائی آب سخت منظور از این برد سختی آن امکان پذیر است. این مترون اهرض نیست. با اینکه در شرایط دشواری که آب مناسب تری برای عملیات حفاری در اختیار نداریم تا چه بعد از زمان آبی که موجود است آنرا که سختی کمتری از آب لیمه است انتخاب کنیم (با آزمایش) و تا آنجا که مقدور است آزمایش ها شیمیائی در مان نموده و سختی آنرا با هم کایش دهیم تا بدین ترتیب برای سختن گل مناسب گردد. آثار نا مطلوبی که هنگام حفاری سازندهای گچی (anhydrite یا سولفات کلسیم) روی گل گذاشته میشود بر کسی پرشیده نیست. حفاری shale های آهکی و همچنین حفاری سیمت پلاکها منجر به خورد، کلسیم دارد گل میکند. آلودگی زیاد گل به کلسیم، سبب افزایش FL, gellation, شویید گل میگردد.

تشخیص کیفی یون کلسیم در آب (یا صنایع گهای حفاری)

یک تا سه سیل لیتز آب (یا صنایع) مورد نظر را در یک لوله آزمایش بریزید و چند قطره محلول آلالات آمونیم اشباع شده بیان بیزائید. این در محوب سفید رنگ آلالات کلسیم دلیل بر وجود این یون در آب (یا صنایع) میباشد.



بر حسب آنکه این محوب بطور نسبی کم باشد یا متوسط و یا زیاد، میزان سختی آب هم بهمان نسبت کم، متوسط و یا زیاد گزارش میشود.

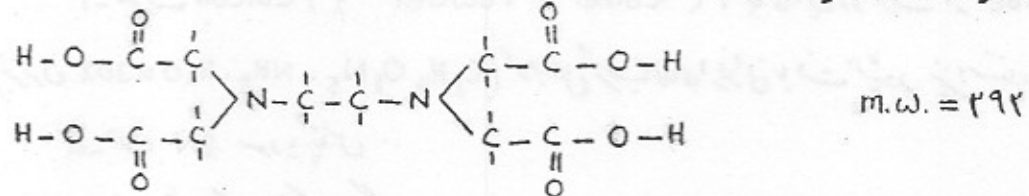
برای اندازه گیری (total hardness)، (Ca^{++}, ppm) و (Mg^{++}, ppm) آب (یا صنایع گهای حفاری) به مواد زیر احتیاج داریم:

۱- محلول استاندارد ورسنات (Versenale Standard Solution)

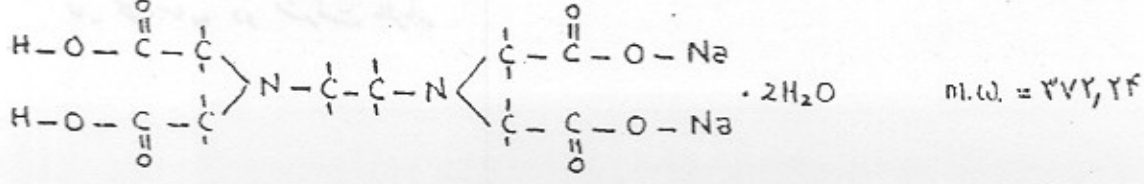
ورسنت، نمک دی سدیک EDTA است ($Versenale = Na_2 EDTA \cdot 2H_2O$)

EDTA (که مخفف Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid است) یک آمینو اسید میباشد

که در آب حل نمیشود. فرمول گسترده آن بقرار زیر است:

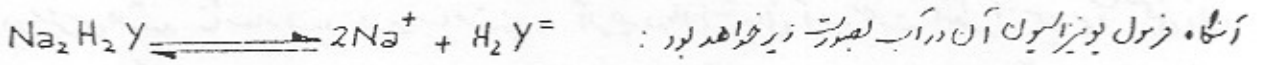


از چهار هیدروژن اسیدی EDTA، تنها دو هیدروژن قابل قلعینی بوسیله سدیم است. بدین ترتیب فرمول ورسنت (با دو بزرگول آب تبلور)

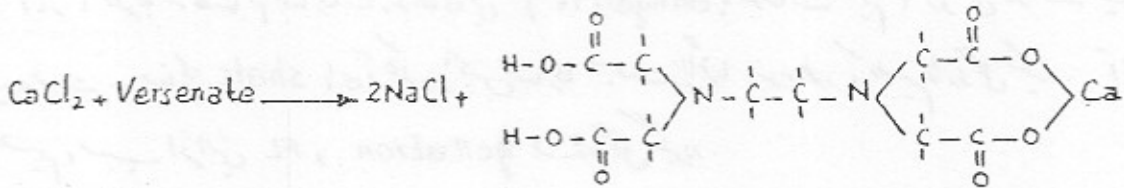


فراهم شد:

در سنت بر خلاف EDTA در آب حل شده و یونیزه می‌گردد. اگر در سنت را با فرمول کلی $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ نشان دهیم،

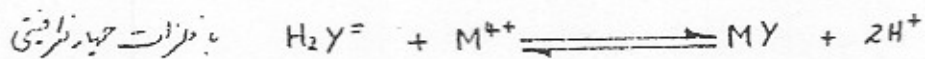
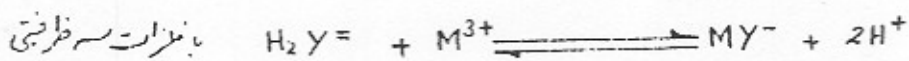
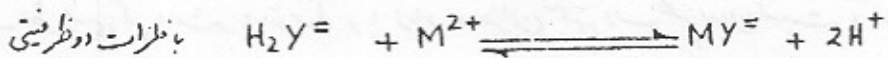


برای تهیه محلول استاندارد در سنت، ۳،۷۲۲۴ گرم آنرا در آب منظم کرده و حجم محلول را بیک لیتر رسانیم. (۱ ml) از این محلول معادل (۱ mg) کربنات کلسیم است زیرا در سنت با کربنات کلسیم به نسبت یک بیک ترکیب می‌شود:



این بیان معنی است که محلول ۳۷۲،۲۴ گرم در لیتر در سنت معادل محلول ۱۰۰ گرم در لیتر کربنات کلسیم است. به بیان دیگر، یک میلی لیتر از محلول استاندارد در سنت که قوتی ۳،۷۲۲۴ میلی گرم از آنست معادل یک میلی گرم کربنات کلسیم می‌باشد.

اگر چه بهترین مورد استعمال محلول استاندارد در سنت برای تعیین سختی آب و تعیین غلظت یونهای کلسیم و منیزیم آنست، با این محلول میتوان تقریباً تمام فلزات جدول تناوبی عناصر از منجمله فرمول ترکیب محلول استاندارد در سنت با یونهای فلزی مختلف بشکل زیر است:



۲- یک محلول با قوتی - با فرماده است (یا مخلوط چند ماده است) که چون در محلولی ریخته شود، pH محلول را علی‌رغم اضافه کردن اسید یا باز آن محلول، ثابت نگه می‌دارد

۳- محلول معرف سختی (Hardness Indicator Solution) که میتوانه Manver باشد یا EBT

فرمول تهیه EBT: $100 \text{ gm EBT} + 300 \text{ cc Na}_2\text{CO}_3 2\% + 700 \text{ cc propanol}$

pH محلول حاصل را با کمک محلول یکدهم نرمال کربنات سدیم روی ۹ ثابت نگه دارید.

۴- معرف Calcon (یا Calver II Powder). بجای این دو معرف از murexide یا پودر پورا آمونیم

(فرمول $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_6\text{N}_5 \cdot \text{NH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 302$) که بشکل کریستالهای انحنایی یافت می‌شود نیز استفاده شده است.

۵- محلول ۸N سود یا پتاس

۶- محلول شماره یک شدت مگلوبار

۷- محلول شماره دو شدت مگلوبار

آزمایش برای اندازه گیری و تعیین سختی کل " آب یا صابان

۱- تقریباً ۲۰ میلی لیتر آب متطر در ظرف سنجش بریزید.

۲- یک تا دو میلی لیتر از آب یا صابانی که میخواهید سختی کل آنرا اندازه گرفته و تعیین کنید بآن بزنائید.

۳- یک میلی لیتر محلول بافر سختی (Hardness Buffer Solution) اضافه کنید و هم بزنید.

۴- شش قطره محلول معرف سختی (Hardness Indicator Solution) اضافه کنید و خوب هم بزنید. اگر در آب

یا صابان نمونه، کلسیم، منیزیم و یا پرود وجود داشته باشد رنگ محیط عمل قرمز شرابی میشود. کاین نوعی داشته باشید که EBT محلول است نه ایستاده. بنابراین باید از آن کم صرف شود. در غیر این صورت رنگ محلول داخل ظرف سنجش بسیار تیره میشود و بعداً تغییر رنگ در آن بخوبی مشهود نخواهد بود.

۵- محلول حاصل را بوسیله محلول استاندارد در سناست تا آنجا بسنجید که رنگ قرمز شرابی ناپدید شده و رنگ آبی ظاهر شود و

دیگر هیچ نشانه ای از رنگ قرمز در محلول داخل ظرف سنجش باقی نماند. حجم محلول استاندارد در سناست مصرف شده را بر حسب ml یادداشت کنید (مثلاً فرض کنیم میشود A میلی لیتر)

۶- محاسبات.

$$\text{total hardness as CaCO}_3, \text{ ppm} = \frac{A}{\text{حجم آب یا صابان نمونه (ml)}} \times 1000$$

$$\text{Ca}^{++}, \text{ ppm} = 0.4 (\text{CaCO}_3, \text{ ppm}) \quad (۱۶)$$

تذکره- گاهی ممکن است رنگ صابان مورد آزمایش بقدری تیره و کدر باشد که تغییر رنگ در آن بخوبی تشخیص داده نشود. در اینگونه موارد اولاً سعی کنید حجم کمتری از صابان را مورد آزمایش قرار دهید (مثلاً نیم میلی لیتر)، ثانیاً بعد از مرحله ۴، محلولهای شماره یک و دو شرکت ماکو بار را بر ترتیب اضافه کرده و مرتباً هم بزنید. آنگاه مطابق مرحله ۵ سنجش کنید تا رنگ محلول داخل ظرف، آبی یا سبز شود. محاسبات مثل قبل است.

آزمایش برای اندازه گیری و تعیین $(\text{Ca}^{++}, \text{ ppm})$ و $(\text{Mg}^{++}, \text{ ppm})$ بطور جداگانه

۱- تقریباً ۲۰ میلی لیتر آب متطر در ظرف سنجش بریزید.

۲- هرچی از آب یا صابان را که در آزمایش قبل (یعنی آزمایش تعیین سختی کل) برداشتهاید، در این جا نیز همان حجم

از آن برداشته و به آب متطر اضافه کنید.

۳- یک میلی لیتر محلول سود یا پانس ۸ نزال و $\frac{1}{3}$ فاشن جابجوزی معرف Calcon (یا Calver II Powder)

اضافه کرده و بخوبی هم بزنید تا رنگ محیط عمل بطور یکدست قرمز شرابی شود.

۴- محلول حاصل را بوسیله محلول استاندارد در سناست تا آنجا بسنجید که رنگ قرمز شرابی ناپدید شده و رنگ آبی ظاهر شود و

دیگر هیچ نشانه ای از رنگ قرمز در محلول داخل ظرف سنجش باقی نماند. حجم محلول استاندارد در سناست مصرف شده را بر حسب ml یادداشت کنید (مثلاً فرض کنیم میشود B میلی لیتر)

$$(۱۷) \quad \begin{aligned} \text{Ca}^{++}, \text{ ppm} &= \frac{B}{\text{حجم آب یا صافاب نمونه (ml)}} \times 4.00 \\ \text{Mg}^{++}, \text{ ppm} &= \frac{A-B}{\text{حجم آب یا صافاب نمونه (ml)}} \times 243 \end{aligned}$$

اندازه گیری مقدار سولفات کلسیم گل بزرگ سنجش با محلول استاندارد ورسات

برای تعیین مقدار کل سولفات کلسیم و نیز مقدار سولفات کلسیم حل شده گلهای حذقی بویژه گلهای گچی بزرگ سنجش با محلول

استاندارد ورسات بصورت زیر عمل شود:

- ۱- پنج سیلیندر از گل را در ظرفی ریخته و ۲۴۵ سیلیندر آب متقطر بآن اضافه کنید تا رقیق شود.
- ۲- محبت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه آزارا هم بزنید و در همین حال آزارا حرارت هم بدهید تا دمای آن به ۱۴ تا ۱۶ درجه فارنهایت برسد. اگر امکانات کافی برای حرارت دادن در اختیار ندارید، محلول را محبت نیم ساعت فقط هم بزنید.
- ۳- بگذارید محلول مجدداً سرد بشود و در عرض این مدت آزارا تا هم بزنید. چنانچه حجم محلول از ۲۵۰ سیلیندر کمتر شده است بوسیله آب متقطر این کمبود را جبران کنید.
- ۴- محلول را از دستگاه Filter Press عبور دهید (۱۰۰ PSI, RT) و صافاب لحظات اول را که شفاف نیست دور بریزید.

- ۵- ده سیلیندر از صافاب شفاف و روشن لحظات بعد را در ظرف سنجش ریخته و یک سیلیندر محلول بافر سختی (HBS) و چهار تا شش قطره محلول معرف سختی (HIS) بآن اضافه کنید تا رنگ محلول داخل ظرف سنجش قرمز شده باشد.
- ۶- محلول حاصل را بوسیله محلول استاندارد ورسات تا آنجا بسنجید که رنگ قرمز شده ناپدید شده و رنگ آبی ظاهر شود و دیگر هیچ نشانه ای از رنگ قرمز در محلول داخل ظرف سنجش باقی نماند (نسیله پایان). حجم محلول استاندارد ورسات مصرف شده را بر حسب ml یادداشت کنید (مثلاً V_t).

$$(۱۸) \quad \text{total CaSO}_4, \text{ PPB} = 2.38 V_t$$

۷- محاسبات.

$$\text{undissolved CaSO}_4, \text{ PPB} = 2.38 V_t - 0.476 V_f \cdot F_w$$

در این فرمولها:

- V_t : حجم محلول استاندارد ورسات مصرف شده بر حسب سیلیندر، برای سنجش ۱۰ سیلیندر صافاب گل رقیق شده (مرحله ۶)
- V_f : حجم محلول استاندارد ورسات مصرف شده بر حسب سیلیندر، برای سنجش یک سیلیندر صافاب گل اصل (آزایش قبل، صفحه ۱۷۹)
- F_w : درصد حجم آب سرحد در گل (روش تقطیر)

تشخیص کیفی یون سولفات (SO_4^{2-}) گلی

آبهای طبیعی هنگام عبور از رودخانه ها و جویبارها ، مواد معدنی موجود در خاک را در خود حل میکنند و همین دلیل محتوی برخی از یونها میشود. یکی از این مواد ، $anhydrite$ ؛ سولفات کلسیم بیوسول $CaSO_4$ میباشد که در آب انرگ حل میشود و تولید یون سولفات میکند. این یون در گلهای حفاری بعنوان یک زیانه محسوب میشود و اگر غلظت آن بیش از 2000 ppm شود ، آثار زیانباری روی تنوع اسبیل میگذارد از جمله باعث افزایش vis و FL آن میگردد. با آنالیز ساده زیر میتوان حضور این یون را در گلی تشخیص داد :

یک تاسه میلی لیتر از صافاب گلی را در یک لوله آزمایش ریخته و با قطره چکان چند قطره محلول کلرید باریم (با غلظت 61 gm/lit) آن اضافه کنید. ایجاد رسوب سفید رنگ نشانه وجود یون سولفات (SO_4^{2-}) یا یون کربنات (CO_3^{2-}) میباشد
برود در صافاب میباشد



چند قطره اسید نیتریک غلیظ به محیط عمل اضافه کنید و هم بزنید. اگر رسوب محلول نشود ، کربنات باریم است و اگر حل نشود سولفات باریم میباشد



در این حالت مقدار نسبی رسوب باقیمانده نشان دهنده مقدار نسبی یون سولفات موجود در گلی میباشد.

اندازه گیری مقدار My-Lo-Jel Preservative گلی

نشسته ای که در گلهای حفاری آبی بعنوان ماده کنترل کننده FL بکار میرود ماده الیست آلی و تخمیر شونده. نشسته پس از تخمیر ترش شده و نه تنها خاصیت خود را از دست میدهد بلکه گلی را بسیار بدبو کرده و کار کردن با آنرا نامطبوع میکند. نشسته ، تنها در گلهائی که pH آنها زیاد است (مثل گلهای آهکی) و یا گلهائی که فاقد آب آنها از نمک سیر شده باشد تخمیر نمیشود. در موارد غیر از اینها ، باید در گلی از یک preservative (مثل My-Lo-Jel) که مانع از تخمیر نشسته میشود استفاده کرد و غلظت آنرا همواره در صدهای همدانست تا تخمیر صورت نگیرد. برای اندازه گیری غلظت این ماده در گلی به محلولهای زیر احتیاج داریم :

محلول شماره یک : محلول معرفت فنل سالیسین ، با غلظت $(19 \text{ gm/100 ml } 50\% \text{ alcohol})$

محلول شماره دو : محلول $\frac{N}{50}$ کاستیک سودا

محلول شماره سه : محلول سولفیت سدیم ، با غلظت $(49 \text{ gm } Na_2SO_3 / 100 \text{ ml distilled water})$

محلول شماره چهار : محلول $\frac{N}{10}$ اسید سولفوریک

روش اندازه‌گیری

- ۱- بادستگاه Filler Press صاف‌شافت و روشی از گِل تهیه کنید. اگر صاف‌رنگ دارد، باید رنگ آنرا بوسیله پودر زغال بپوشاند و حال شده بزدانید.
- ۲- سه سیلندر از صاف‌رنگ را در ظرف سنجش بریزید و دو قطره از محلول شماره یک (یعنی محلول معرف قلی فالتین) بآن اضافه کنید.
الف- اگر رنگ معرف صورتی شد، محلول شماره چهار را قطره قطره بزنید و هم بزنید تا رنگ صورتی ناپدید شود.
ب- اگر در رنگ معرف تغییر حاصل نشد، محلول شماره دو را قطره قطره اضافه کنید و هم بزنید تا رنگ نمونه، صورتی گریگ شود. آنگاه قطره قطره از محلول شماره چهار بزنید تا رنگ صورتی ناپدید شود.
- ۳- به صاف‌رنگ که در بین ترتیب هستی و به رنگ شده است، ۱۸ قطره (مادل یک سیلندر) از محلول شماره سه اضافه کنید تا رنگ محیط قرمز شود.
- ۴- بعد از تقریباً ۳۰ ثانیه، محلول شماره چهار را قطره قطره اضافه کنید و هم بزنید تا رنگ محلول داخل ظرف سنجش صورتی گریگ شود. حجم محلول شماره چهار مصرف شده را یادداشت کنید (مثلاً a قطره یا b سیلندر).
- ۵- آزمایش فوق را روی آب تمیز هم انجام دهید. باین ترتیب که سه سیلندر آب تمیز بردارید، دو قطره محلول معرف قلی فالتین بآن اضافه کنید و مراحل ۲ (ب) و ۳ را روی آن اجرا کنید و در پایان مرحله ۴، حجم اسید سولفوریک مصرف شده برای ایجاد رنگ صورتی گریگ را یادداشت کنید (مثلاً a' قطره یا b' سیلندر).
- ۶- محاسبات.

My-Lo-Jel Preservative, PPB = 0.025 (a - a')
(۱۹) Paraformaldehyde, PPB = 0.024 (a - a')
formaldehyde, PPB = 0.07 (b - b')

تذکره - محلول شماره سه اگر بیش از یکماه بماند تجزیه می‌شود. در این صورت به جای آن از یک محلول تازه درست شده استفاده کرد.

اندازه‌گیری غلظت کرومات سدیم (Na_2CrO_4) گِل

کرومات سدیم، در گِل غالباً بعنوان corrosion inhibitor (یا ضد زنگ) و گاهی هم بعنوان bactericide (یا ضد مخمر) بکار می‌رود و برای آنکه این دو تالیف را بجز به انجام دهد باید غلظت آن در حد مناسبی باشد. برای اندازه‌گیری غلظت کرومات سدیم گِل، از روش یدوتری (Iodometry) استفاده می‌شود. در این روش به محلولهای زیر نیازمندیم:

۱- محلول هاییدروکسیلید ۶N

۲- محلول تقریباً ۰.۱۵ درصد و تازه نشسته

۳- محلول تیوسولفات سدیم $\frac{N}{100}$

۴- محلول یاکریستال بیورو تپاسیم

روش آزمایش.

۱- در ظرف سنجش، ۲۵ تا ۵۰ میلی لیتر آب منظر ریخته و یک میلی لیتر صافاناب گل سرد نظر را آن اضافه کنید و بهم

۲- سه قطره محلول هایدروکلریک اسید آن بیزاید بهم بزنید. اگر غلظت کم است صافاناب زیاد باشد مکن است

در این مرحله رنگ محلول کمی قرمز شود (نارنجی)

۳- چهار تا شش کریستال بیورو تپاسیم به محلول فوق اضافه کنید و محلول را آنقدر بهم بزنید تا کریستالها در آن کاملاً حل شوند

و رنگ محلول قرمز سرابی شود. آنگاه محلول را بدست ۳ تا ۵ دقیقه مجال خود بگذارید

۴- محلول فوق را بوسیله محلول تیوسولفات سدیم آنقدر بسنجید تا رنگ قرمز سرابی بسیار کم شود. در این لحظه چند

قطره محلول معرف نشسته بیزاید تا رنگ محلول کجلی آبی تیره شود. سنجش را تا آنجا ادامه دهید که این رنگ ناپدید شود

و محلول بی رنگ گردد.

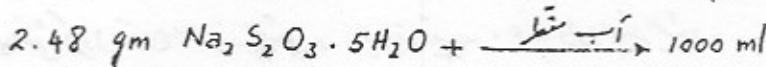
۵- حجم محلول تیوسولفات سدیم مصرف شده را در حوض (ml) یادداشت کنید (مثلاً ۷ میلی لیتر)

۶- محاسبات

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{CrO}_4, \text{PPB} &= 0.189 \text{ V} \\ &, \text{mg/lit} = 540 \text{ V} \\ \text{ppm} &= \frac{540 \text{ V}}{\text{وزن مخصوص صافاناب (gm/ml)}} \end{aligned}$$

(۲۰)

تذکرات لازم.

۱- برای تهیه محلول $\frac{N}{100}$ تیوسولفات سدیم، ۲.۴۸ گرم آزاد در آب مقطر حل کنید و حجم محلول را یک لیتر بسازید:

۲- برای تهیه محلول معرف نشسته سه روش ذکر می‌نماید:

روش اول - ۱۵ گرم نشسته گندم را در چند میلی لیتر آب منظر حل کرده (۴ تا ۶ میلی لیتر) و محلول حاصل را به یکصد میلی لیتر

آب منظر جوش اضافه کنید و هم بزنید تا ذرات نشسته شود و بدست دو دقیقه آنرا بجوشانید تا صاف شود و در حالیکه داغ است آنرا از

صافی عبور دهید. محلول زیر کاغذ صافی را بعنوان محلول معرف نشسته بکار ببرید

روش دوم - یک تا دو گرم نشسته گندم را در چند میلی لیتر آب سرد (۴ تا ۶ میلی لیتر) حل کرده و آن در حدود ۳۰ میلی لیتر

آب منظر جوش بیزاید تا ذرات نشسته شود. بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر آب منظر سرد اضافه کنید و خوب بهم بزنید. نیم ساعت

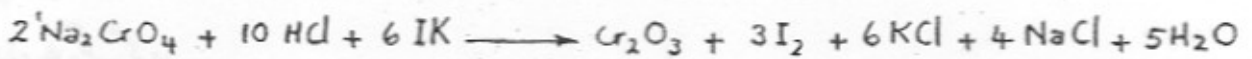
فیکر کنید تا مواد لوله‌شده سفید نشوند. با یک پیپت آب روغن سسته را برداشته و میزان محلول سرف مورد استفاده قرار دهید.

روش سوم - بگ نشسته دمازی (drilling starch) نیز می‌توان محلول سرف نشسته سافت با این ترتیب که یک گرم آنرا در یکصد سی‌ایز آب منظر سرد حمل کرده و در یک کال نمود بگذارید تا دو فازه شود. فاز فوقانی را بوسیله پیپت خارج کنید و میزان محلول سرف نشسته بکار برید.

چون محلول نشسته قلیی است مناسب برای ریشد بالترها، محلولهایی که بصورت فوق تهیه میشوند خیلی زود ناسه گشته و اثر خود را از دست میدهند. بنابراین محلول سرف نشسته را معمولاً بیش از ۲۴ ساعت نگه ندارید. برای دوام بیشتر محلول سرف نشسته، می‌توانید چند سی‌ایز گرم پودر هیدرو (Hg I₂) در ضمن ساختن، آن بزنید.

اگر یک قطره محلول به $\frac{N}{50}$ را به ۳ تا ۲ سی‌ایز از محلول سرف نشسته اضافه کنید رنگ آبی روشنی ایجاد خواهد شد. اگر به زیادتری اضافه کنید رنگ آبی روشن بدینج تیره میشود. اگر بجای رنگ آبی روشن یا تیره، رنگ بنفش یا قهوه‌ای درست شد، محلول سرف نشسته فاسد شده است و دیگر بعنوان سرف قابل استفاده نیست.

۳- stoichiometry مسئله که منجر به استخراج فرمولهای ۲۰ شد به‌زیر است:

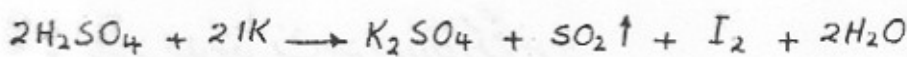


$$\therefore \frac{162}{\text{Na}_2\text{CrO}_4} \longleftrightarrow \frac{3 \times 248}{\frac{V \times 2.48}{1000}} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$$

$$x = 162 \times \frac{2.48V}{1000} \times \frac{1}{3 \times 248}$$

$$\text{Na}_2\text{CrO}_4, \text{ } \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 54 \times 10^{-5} V$$

۴- در آزمایش فوق، بجای محلول اسید کربنیک، می‌توان از محلول اسید سولفوریک استفاده کرد زیرا این اسید روی پودر پتاسیم اثر دارد و مقداری به‌آزاد میکند. این به‌آزاد شده، با پیداصح جمع میشود و در نتیجه مقداری زیادتر محلول تیوسولفات سدیم برای خنثی کردن آن مصرف میشود و با این ترتیب، خطا وارد نمیشود.



اسید نیتریک نیز که مثل اسید سولفوریک یک اسید قوی است روی IK همین اثر را دارد.

۵- اگر در مرحله ۵ مقدار اسید زیاد شود، در پایان کار، این اسید روی تیوسولفات زیادی اثر میکند و گوگرد آزاد

میشود و از درون ظرف سنجش بوی گوگرد پشام برسد. همین گوگرد سبب میشود که محلول نهایی بصورت آبی روشن و شیری درآید

(یعنی زلال خود را از دست میدهد و مات میشود)

اندازه گیری CEC یا Cation Exchange Capacity

غالباً لازم می‌شود که CEC یا "ظرفیت تعویض کاتیون" گِل حفاری را بدانیم. مقدار CEC هر چند به‌طور دقیق
 تعیین تا حدود قابل تری می‌تواند نشان دهنده درصد بنتونایت گِل باشد. برای این آزمایش، به مواد زیر احتیاج داریم:

۱- محلول متیلن بلو ($C_6H_4N_3SCl \cdot 3H_2O$) با غلظت ۳٫۷۴ گرم در لیتر

۲- محلول سه درصد آب اکسیژنه

۳- محلول تقریباً 5N اسید سولفوریک

روش:

۱- یک یا چند پیالیز گِل را در ظرف سنجش ریخته و بزنید. ۱۰ پیالیز آب منظر، ۱۵ پیالیز آب اکسیژنه و نیم
 پیالیز محلول اسید سولفوریک آن اضافه کنید و خوب بهم بزنید.

۲- محلول را بورت ده دقیقه برای بکوشانید

۳- بوسیله آب منظر، محلول را تا ۵۰ ml رقیق کنید.

۴- محلول متیلن بلو را از طریق یک بورت، قطره قطره داخل محلول فوق بریزید و محلول را مرتباً بهم بزنید. در فاصله ای

مابوی - مثلاً بعد از چکیدن برده قطره متیلن بلو - شیر بورت را بسته و در حالیکه محلول را بهمچنان بهم بزنید، پس از نیم دقیقه
 با نوک یک همزن شیشه ای یک قطره از محلول را بر روی کاغذ صافی قرار دهید. چند لحظه صبر کنید تا کاغذ
 آب قطره را جذب و منتشر کند و ذرات جامد رنگ گرفته گِل، در وسط قطره و روی کاغذ خشک شوند.

الف - اگر یک حلقه آبی متمایل به سبز در ذرات جامد روی کاغذ صافی تشکیل شده، دو دقیقه دیگر صبر کنید و در این مدت
 محلول را بهمچنان بهم بزنید. بعد یک قطره دیگر از محلول را روی کاغذ صافی و کنار قطره اول قرار دهید. اگر حلقه آبی متمایل به سبز
 مجدداً تشکیل شده، نقطه پایان آزمایش رسیده است.

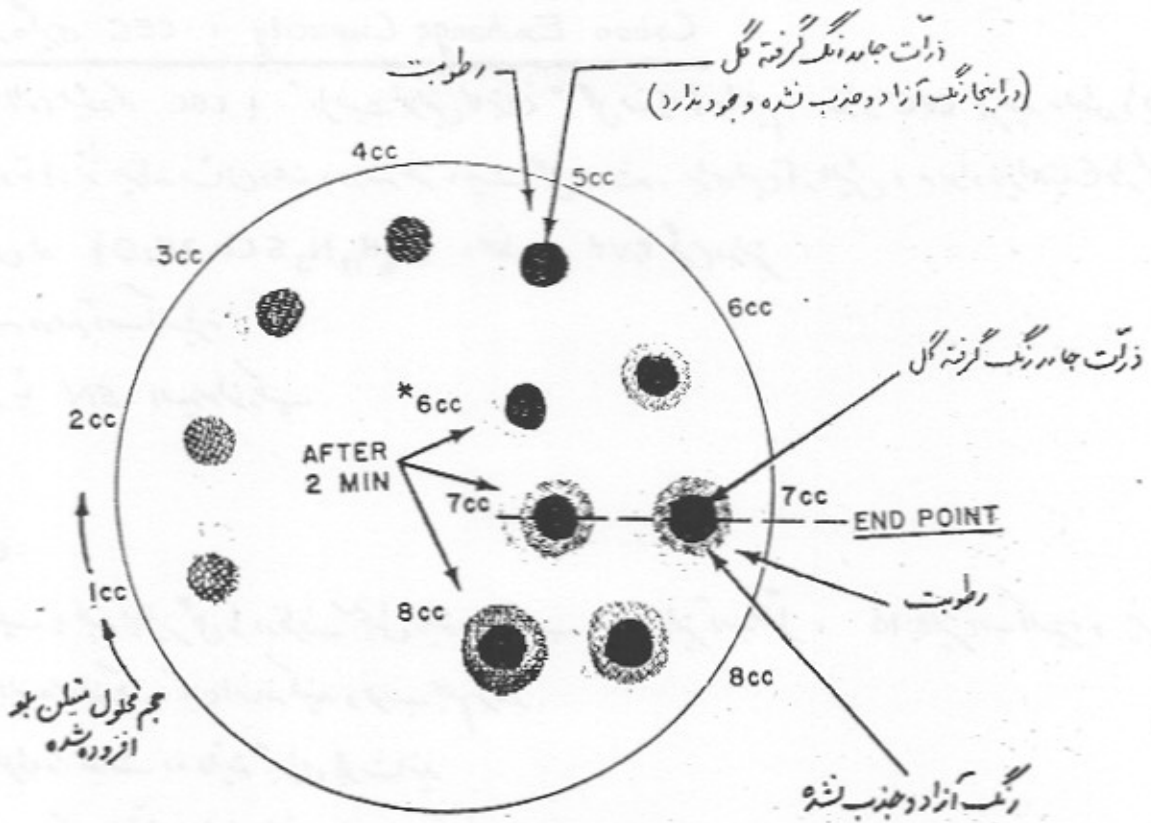
ب - اگر هیچکدام از صورتهای "الف" اتفاق نیفتاد، سنجش طول را بوسیله محلول متیلن بلو ادامه دهید - یعنی ده
 قطره دیگر متیلن بلو بزنائید و شیر بورت را ببندید و مطابق فوق عمل کنید - تا به نقطه پایان برسید. در تمام مدت انجام مرحله (ب)
 محلول را باید بهم بزنید.

۵- حجم محلول متیلن بلو مصرف شده را بر حسب ml یادداشت کنید.

۶- محاسبات.

$$\text{methylene blue capacity} = \frac{\text{حجم متیلن بلو مصرف شده (ml)}}{\text{حجم گِل انتخاب شده (ml)}} \quad (۲۱)$$

$$\text{Bentonite of mud, PPB} = 5 \times (\text{methylene blue capacity})$$



(*) در شکل فوق، بویژه توجه کنید که پس از افزودن قطره عدد سیم (یا سی سی ششم) از محلول متیلن بلو، ابتدا، رنگ آزاد (یا همان حلقه آبی متمایل به سبز) به دور ذرات جامد رنگ گرفته گل تشکیل شده است و بعد از آنکه محلول را در دقیقه دیگر هم زده ایم و مجدداً یک قطره آزاردی کاغذ صافی و لذا قطره اول قرار داده ایم، این رنگ ناپدید شده است. این نشان آنست که نقطه پایان هنوز کاملاً فراموش شده است. این نقطه، همانگونه که در شکل ملاحظه میکنید پس از افزودن سی سی هفتم محلول متیلن بلو فراموش شد.

تذکره: گاهی اوقات صفای علاوه بر بنتونایت، غالباً دارای مواد دیگری هم هستند که جاذب متیلن بلو میباشند مثل CMC، polyacrylate، lignosulfonate و lignin. استفاده از آب اکثیرن در آزمایش فوق، بمنظور جلوگیری از تاثیر اینگونه مواد روی متیلن بلو میباشد.

تذکره دوم: بر روش فوق میزان CEC رسها و پله سنگها و غیره را نیز تعیین نمود. برای این منظور وزن معینی از رس را بوسیله یک پهن برقی پرود در مقداری آب بخش کنید. سپس را مطابق آزمایش فوق انجام دهید. با این تفاوت که دیگر محلول، آب اکثیرن نیز نزنید. CEC رس را بصورت زیر گزارش کنید:

$$CEC \text{ of clay} = \frac{\text{milliequivalents of methylene blue}}{100 \text{ gm of clay}} = \frac{0.01 \times (\text{ml})}{\text{مجموعه محلول متیلن بلو}} \times 100$$

توضیح: هر یک سی سی از محلول متیلن بلو، غلظت ۳.۷۴ گرم در لیتر معادل ۰.۰۱ سی سی است و ولان آن است.

اندازه گیری غلظت H_2S گُل

ورود گاز سی دکننده هیدروژن سولفور به گُل ، سبب زنگ خوردن دستگاهی انتقال گل نیز می شود . آزمایشی که برای اندازه گیری غلظت گاز هیدروژن سولفور در گلهای حفاری معمول است و در زیر شرح داده خواهد شد ، همان آزمایشی است که برای اندازه گیری غلظت این گاز در آب ، رایج است . ابزار و مواد مورد نیاز عبارتند از :

- ۱- بطری مخصوص آزمایش و سر آن
- ۲- کاغذ دایره ای شکل مخصوص سنجش گاز هیدروژن سولفور
- ۳- قرص alka-seltzer
- ۴- محلول هایدروکلریک اسید 6N
- ۵- ضدکف (octyl alcohol یا سدک آن)
- ۶- چارت زنگی مخصوص برای مقایسه و تعیین ppm گاز هیدروژن سولفور

روش آزمایش :

- ۱- بایک سرنگ ، ۱۶۳ ml گل را در بطری آزمایش ریخته و ۱۶۷ ml آب مقطر بآن اضافه کنید و بطری را تکان دهید تا آب و گل کاملاً مخلوط شوند (اگر گل بیش از اندازه کف کند ، یک قطره ضدکف بآن اضافه کنید)
- ۲- یک ورق کاغذ دایره ای شکل سنجش گاز H_2S را در درون سر بطری قرار دهید
- ۳- یک عدد قرص alka seltzer درون بطری بیندازید و " بلافاصله " سر بطری را ببندید .
- ۴- بعد از آنکه قرص کاملاً حل شد (تقریباً ربع ساعت) سر بطری را باز کنید ، کاغذ را بردارید آورده در گُل آنرا بارهای چارت مقایسه کنید .

۵- محاسبه : ppm گاز H_2S را که از روی چارت بخوانید در ۳ ضرب کنید ، ppm گاز H_2S گُل به دست آید

تذکرات :

- ۱- چارتی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است ، فقط غلظتهای بین (۱۵ ppm تا ۰.۳) گاز H_2S گلهای حفاری را میتوانند تعیین کنند . اگر غلظت هیدروژن سولفور گُل بیش از ۱۵ ppm باشد ، برای تعیین آن ، باید نخل را بیش از این رقیق کرد . بشرح زیر :
- الف - اگر تخمین میزنید که غلظت H_2S گُل بین (۱۲۵ تا ۱۵) است ، در مرحله ① بجای ۱۶۳ میلی لیتر گل ، فقط یک میلی لیتر آنرا بردارید و با ۲۴ ml آب مقطر رقیق کنید و روش را دنبال کنید تا ppm حاصله از چارت را در عدد ۲۵ ضرب نمایید .

ب- اگر تخمین بزنید که H_2S گلی بون (125 تا 1250 ppm) است ، در مرحله ① ، بجای ۸۱۳ میلی لیتر گلی ، یک لیتر از آن را بریزید و با ۹ میلی لیتر آب مقطر رقیق کنید ، آنگاه یک میلی لیتر از این محلول را برداشته و با ۲۲ میلی لیتر آب مقطر رقیق تر کنید و مراحل ② بینه را روی آن انجام دهید لیکن ppm حاصله از چارت را در عدد 250 ضرب کنید.

۲- بروشی که ذکر شد ، فقط آنست که گاز هیدروژن سولفور و سولفور های محلول در گلی را امتحان پیدا کرد . برای تعیین غلظت ppm سولفور های محلول (نه سولفور آهن) قبل از آنکه مرحله ④ را انجام دهید ، ۵ قطره هایدرو کلریک اسید 6N به محلول اضافه کنید و هم بزنید تا سولفور های آهن محلول آن در اسید حل شوند و قابل اندازه گیری گردند . بطور کلی :

اگر در مرحله ① ، نمونه ای از گلی را بریزید و قبل از آنکه مرحله ③ را روی آن انجام دهید چند قطره اسید بان اضافه میکنید ، در پایان آزمایش غلظت کل سولفور های گلی را به دست می آورید (total sulfides: S^{2-})
و اگر در مرحله ① ، نمونه ای از همان ماده گلی را بریزید و طبق روشی که ذکر شد عمل میکنید ، در پایان آزمایش ، تنها غلظت سولفور های محلول در گلی را می سنجید .

۳- ترکیب عدد قرص خشک و تازه alka-seltzer شامل مواد زیر است :

0.324 gm acetylsalicylic acid (Aspirin)

0.965 gm citric acid , anhydrous

1.625 gm sodium bicarbonate

قرص alka-seltzer در آب تجزیه شده و مواد زیر را بوجود می آورد :

sodium acetylsalicylate

sodium citrate

sodium bicarbonate

این قرص ها برای رفع درد سر و ناراحتی های معده که ناشی از زرد خوردن و یا زیاد آسپیرین است نیز قابل استفاده میباشند . در آب گرم بهتر از آب سرد حل میشوند . استفاده از آن ، شب قبل از خواب و صبح پس از بیداری موثرتر از سایر مواقع روز است .

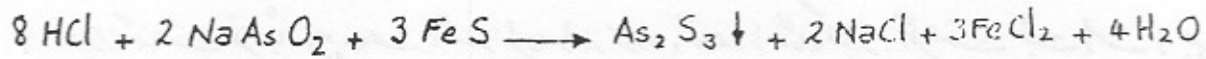
تشخیص کیفی Iron Sulfide (سولفور آهن)

بروش زیر طیف آن بوجود سولفور آهن روی قطعات فولادی رشتاها استعمال گلی پی برد :

برای این آزمایش به محلول زیر احتیاج داریم :

محل ۱۵ درصد هایدروکلریک اسید که کمی یک درصد اسید سیلیک و ۰.۰۵ درصد ازکب detergent (مثل Aquet یا مادل آن) باشد.
روش.

یک یا چند قطره از محلول فوق را روی قطعه فولادی مورد نظر قرار دهید. ایجاد رسوب زرد روشن سولفور آرسنیف در
وجود سولفور آهن روی سطح قطعه می باشد.

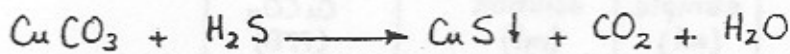


تذکره - چون مقداری از آهن در اسید حل می شود محلول نارنجی تمایل به زردی نیز پیدا می کند. این محلول را نباید با رسوب
زرد سولفور آرسنیف اشتباه گرفت.

دقت کنید: این آزمایش را فقط روی قطعات فولادی باید انجام دهید. آزار روی سایر قطعات فلزی مثل قطعات
آلمینیومی نباید انجام داد زیرا ممکن است برخی گازهای سمی متصاعد شود.

اندازه گیری غلظت کربنات مس در گل

گاز هیدروژن سولفور ای را که وارد گل جناری شده در آن حل گشته است، می توان بوسیله کربنات مس، رسوب
دار محلی عمل خارج کرد. کربنات مس، گاز هیدروژن سولفور را بصورت رسوب بسیار بزرگ سولفورس در می آورد و باین ترتیب
آنها از محیط شیمیائی گل پاک می کند.



برای انجام این آزمایش به ابزار و مواد زیر احتیاج داریم:

- ۱- بطری مخصوص آزمایش و سران
- ۲- کاغذ دایره ای شکل مخصوص سنجش گاز هیدروژن سولفور
- ۳- قرص Alka-seltzer
- ۴- چارت رنگی مخصوص برای مقایسه و تعیین ppm گاز هیدروژن سولفور
- ۵- محلول استاندارد هیدروژن سولفور با غلظت ۲۵۰ ppm H₂S.

برای تهیه این محلول می توانید ۱٫۸۷۵ گرم سولفور سیلیک متبلور (Na₂S · ۹H₂O) را در یک لیتر آب مقطر
حل کرده و جهت پایداری، دو گرم هم کربنات سیلیک بآن اضافه کنید. محلول حاصل ممتدی ۲۵۰ ppm یون سولفاید
(S^{۲-}) خواهد بود (چرا؟). اگر این محلول بیش از یک هفته عمر کند باید آنرا در ریخته و محلول تازه ای درست کنید. ضمناً
لازم است ۴۲۱ ppm (رقم این محلول را با استفاده از H₂S KIT شرکت شیمیائی HACH نیز به دست آورید) (صفحه ۱۸۷)

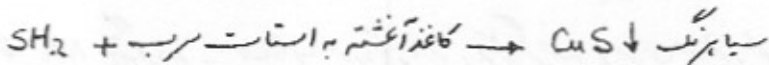
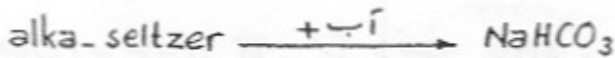
- ۱- ۲۳ ml آب سرد درون بطری آزمایش بریزید و با پیست یک پیلیتر از گل مورد نظر و یک پیلیتر هم از محلول استاندارد H_2S بآن بزنائید و بطری را به مدت ۱۵ دقیقه بکفای بگذارید تا کفها هم آنرا نشان دهد.
- ۲- یک ورق کاغذ دایره ای شکل مخصوص سنجش گاز H_2S را درون سر لبری قرار دهید.
- ۳- یک عدد قرص alka-seltzer درون بطری انداخته و "بانا مده" سرد آنرا ببندید و آنقدر صبر کنید تا قرص کاملاً حل شود. اگر قرص زیاد کف نکند، آزمایش را از نو انجام دهید و این بار نصف قرص بکار برید.
- ۴- بعد از گذشت تقریباً پنج ساعت، سر لبری را باز نموده و کاغذ را نگاه کنید. اگر تست مثبت است (یعنی گاز H_2S تولید شده و کاغذ سیاه گشته است) در گل کربنات مس اضافی وجود ندارد. لیکن اگر تست منفی است، در گل کربنات مس اضافی است. در این صورت آزمایش فون را تکرار کرده منتها این دفعه حجم محلول استاندارد را به دو پیلیتر افزایش دهید. مجدداً کاغذ را نگاه کنید اگر تست مثبت است در گل میزان ۰.۳۱ PPB کربنات مس اضافی وجود دارد لیکن اگر تست منفی است، آزمایش را چندین بار دیگر تکرار کنید و هر دفعه حجم محلول استاندارد را نسبت به دفعه قبل یک پیلیتر افزایش دهید تا آنجا که جواب تست، مثبت شود.
- ۵- با استفاده از جدول زیر مقدار کربنات مس اضافی گل را تعیین کنید. در این جدول هر ml از محلول استاندارد H_2S معادل ۰.۳۱ PPB کربنات مس موجود گل است. مقدار کربنات مس اضافی گل را معادل نتیجه آخرین تست منفی گزارش کنید. مثلاً اگر تست روی ۵ ml جواب مثبت دهد، مقدار کربنات مس اضافی گل برابر ۱.۲۴ PPB خواهد شد.

mud sample (ml)	standard solution (ml)	available $CuCO_3$ (PPB)
۱	۱	۰.۳۱
۱	۲	۰.۶۲
۱	۲.۵	۰.۷۸
۱	۳	۰.۹۳
۱	۳.۵	۱.۰۸
۱	۴	۱.۲۴
۱	۵	۱.۵۵
۱	۶	۱.۸۶
۱	۷	۲.۱۶
۱	۸	۲.۴۸

تذکره - مطمئن شوید که قبلاً بیان شده (صفت) یکی از مواد حاصل از حل شدن قرص های alka-seltzer در آب، جوش شیرین یا به کربنات سدیم است. این ماده روی سولفور سدیم تبلور موجود در محلول استاندارد اثر میکند و گاز H_2S

* این کاغذ البته یک کاغذ جدید است.

تولید میناید. همین گاز است که سبب سیاه شدن کاغذ در مرحله ④ می‌شود:



اندازه گیری خلطت میگلار در گهای حفاری

مقدمه - افزایش در همین عملیات حفاری چاهها نفت و گاز، با گاز هیدروژن سولفور بر خورد کرده اند بخوبی میدانند که ورود این گاز بیجا، چه مسائل و مشکلات را بدنبال دارد. هیدروژن سولفور، گاز سمیت شدت سمی داشته و در درون بگل حفاری موجب فساد و خوردگی لوله های که با آن در تماسند (مثل لوله های حفاری، جداری و غیره) می‌شود. جهت زدودن این گاز از بگل حفاری غالباً از کربنات مس استفاده می‌شود. کربنات مس یک سولفور زدای بسیار موثر است کین تجربه در حلقه نشان داده است که این ترکیب خاصیت *plating* دارد یعنی با ایا دیک لایه *ionic copper* روی فولاد موجب می‌شود که فولاد بمنوع خوردگی بنام *bimetallic corrosion* که بسیار شدید و پرفشار نیز میباشد پیرا کند (در حقیقت این خاصیت در همه نمکهای مس موجود است و منحصر به کربنات آن نمیشود). این نقص بزرگ در کربنات مس باعث شد که تحتبناات در مورد اختراع ماده دیگری که بتواند با اندازه کربنات مس در زدودن سولفور موثر باشد و اثر خوردگی روی ابزار و لوله های فولادی داخل گل نداشته باشد ادامه پیدا کند. نتیجه این تحقیقات پیدایش محصولی بود بنام میگلارد. میگلارد صفت کربنات مس را که در بالا به آن اشاره شد ندارد. میگلارد یک سولفور زدای حفاری بسیار موثر است که فاقد اثر خوردگی روی قطعات حفاری با دور خورد بوده و بخوبی میتواند میزان سولفورهای محلولی را که از طریق سازندها و بوسیله گاز هیدروژن سولفور - بطور ناخواسته - وارد گل حفاری میشوند کنترول کرده و حتی آنها را از بین ببرد. در شکل ظاهر لپداری است سفید رنگ و فاقد طوره که براحتی جریان بیاید و افزودن آن به گل حفاری معمولاً از طریق *mud hopper* صورت میگیرد *GS* و *VIS* برخی از گها را اندک از آن می‌دهد کین روی *FL* اثری ندارد. در محیط های آبی، اندک قیائی است و در مقابل اسیدها خاصیت باز نگین بسیار خوبی دارد. درصین عملیات حفاری اگر پیش بینی شود که با گاز هیدروژن سولفور برخورد خواهد شد توصیه می‌شود که بمیزان *3 تا 2 PPB* میگلارد به گل زده شود و چنانچه خلطت گاز H_2S زیاد باشد میزان از این میزان هم فراتر رفت. میگلارد تقریباً سمی نیست و کار کردن با آن احتیاط ویژه ای نمی‌خواهد از نظر شیمیائی 37 درصد ZnO و 48.5 درصد ZnCO_3 دارد. میگلارد در کلسیم چند لایه ۵۰ لپدی عرضه می‌شود.

تاییه بازدهی میگلارد و کربنات مس در زدودن سولفورها.

برای تاییه بازدهی میگلارد و کربنات مس در زدودن سولفور با آزمایش زیر در لابراتوار صورت گرفته است:

یک گل پایه محتمی یونیکال با $pH = 11$ ساخته شد. با این گل آلودرگاناز هیدروژن سولفورزده شد که pH آن به ۸٫۵ رسید. در چهار لیوان مشابه، هر یک ۳۵۰ ml از این گل ریخته شد. به لیوانهای I و II ترتیب ۳ PPB و ۶ PPB میگارد و به لیوانهای III و IV ترتیب ۳ PPB و ۶ PPB کربنات مس افزوده شد. هر چهار گل را در حرارت $150^{\circ}F$ و مدت ۱۶ ساعت hot roll کرده و پس از سرد شدن، صنایع هر یک بر سید پستگاه API Filter Press تهیه گردید. صنایعها مورد آزمایش قرار گرفته و میزان سولفور محلول آنها معلوم گردید. جدول زیر نتایج آزمایش را منعکس میکند.

میزان سولفور زدا، PPB	میزان S = صنایع، ppm	نوع گل
۰	۷۹۰	گل پایه
۳	۸۶	لیوان I (میگارد)
۶	۰	لیوان II (میگارد)
۳	۵۲	لیوان III (کربنات مس)
۶	۰	لیوان IV (کربنات مس)

به نظر می آید از این جدول فهمیده میشود، توانایی میگارد در زدودن سولفورها محلول گهای حفاری تقریباً همان اندازه است که توانایی کربنات مس:

متایسه اثر خوردندگی میگارد و کربنات مس

فرق مهمی که در خواص میگارد و کربنات مس وجود دارد اینست که میگارد روی ferrous metals (یا فلزات فرو) اثر خوردندگی ندارد در حالیکه کربنات مس بشدت دارد. این مطلب در لابراتوار بر سید یک رشته آزمایش محقق شده است. شرح این آزمایشها که عمدتاً روی fatigue corrosion و dynamic corrosion صورت گرفته است و نیز نتایج حاصل از آنها در زیر جهت متایسه آورده شده است:

الف - Fatigue Corrosion (یا خوردندگی ناشی از خستگی فلزات زیر فشار)

یک گل پایه مرکب از مواد زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

bentonite 15 PPB

CMC 2 PPB

Uni-Cal 6 PPB

Salt (NaCl) 1 PPB

pH گل روی ۹ تنظیم شد (توجه کنید که در این گل گاز هیدروژن سولفور وارد نگردیده است زیرا هدف از این آزمایش

مختصاً بررسی متایسه آثار میگارد و کربنات مس روی fatigue life قطعات آهنی زیر فشار است.)

در نمونه لیوان، هر یک 350 ml از این گل ریخته شد. لیوانهای I, II, III جهت مقایسه، بجا خود گذاشته شدند. به لیوانهای IV, V, VI, هر یک 1.5 PPB کربنات مس و به لیوانهای VII, VIII, IX هر یک 2 PPB میگارد افزوده گشت. نمونه کوپن مشابه در لیوانها گذاشته شد و دستگاه Conoco Flex Tester که در دمای 150°F کار میکند فشاری معادل 31600 PSI بر هر یک از کوپنها وارد گردید. نتیجه آزمایش در جدول زیر منعکس گشته است:

شماره لیوانها	مسولفورزها، PPB		Time to Failure (ساعت)	Cycle to Failure
	CuCO ₃	Milgard		
I	0	0	45.7	2.03 × 10 ⁶
II	0	0	53.6	2.38 × 10 ⁶
III	0	0	56.4	2.51 × 10 ⁶
			51.9 متوسط	2.3 × 10 ⁶ متوسط
IV	1.5	0	18.	0.802 × 10 ⁶
V	1.5	0	20.5	0.912 × 10 ⁶
VI	1.5	0	17	0.757 × 10 ⁶
			18.5 متوسط	0.823 × 10 ⁶ متوسط
VII	0	2	39.3	1.74 × 10 ⁶
VIII	0	2	56	2.48 × 10 ⁶
IX	0	2	58.1	2.58 × 10 ⁶
			51.1 متوسط	2.27 × 10 ⁶ متوسط

آزمایش جدول دقت کرده و fatigue life متوسط کوپنها را با هم مقایسه کنید و خواهید دید که کربنات مس، fatigue life کوپنها را تا ۶۴ درصد کاهش میدهد و جان آنکه میگارد در روی fatigue life کوپنها محسوساً اثری نمیکند.

بازرسی و مقایسه کوپنها نیز مراتب فوق را تأیید میکند: کوپنهائی که در گهای پایه (لیوانهای I, II, III) و گهای آغشته به کربنات مس (لیوانهای IV, V, VI) بوده اند، دارای چاله های کم عمقی در محل نشست جامدات گل بر روی خود میباشند. کوپنهائی که در لیوانهای افزوده اند دارای یک لایه ضخیم از مس روی سطوح خود بوده و چاله ها و حفره های عمیق تر و ترک های ناشی از خستگی (fatigue cracks) در آنها مشاهده شده است. بسیاری از این ترکها عرضی بوده و در لبه ها کوپنها ظاهر شده اند و کوپنها در زیر فشار بویژه از محل گردن خود بریده شده اند. در حالیکه کوپنهائی که در لیوانهای VII, VIII, IX بوده اند (لیوانهای محوی میگارد) نسبت به کوپن اول دارای ترکهای سطحی کمتری هستند. این حدائق نشان میدهند که قیظی که کوپنهائی IV, V, VI در آن بوده اند (یعنی قیظ آغشته به کربنات مس) قیظی خورنده تر بوده است.

ب - Dynamic Corrosion (خوردگی دینامیک)

در این آزمایش یک گل بونیکال با وزن 10 PPG ، $pH = 9$ که در آزمایشگاه تهیه شده ، بمنزله گل پایه مورد استفاده واقع گشته است . کونپنائی از جنس فولاد N-80 در چیدمان corrosion cell آویزان شده و گل فوق تحت دمای $150^{\circ}F$ و مدت ۸۸ ساعت پیوسته در اطراف کونپنا بکرات و گردش واداشته شده است . در این زمینه دو رشته آزمایش صورت گرفته : در یک رشته ، corrosion rate (یا سرعت خوردگی) کونپنا در مجاورت میگلارد و کربنات مس بدون حضور H_2S و در رشته دیگر سرعت خوردگی کونپنا در مجاورت همین مواد و با حضور H_2S اندازه گیری شده است . نتایج حاصله در جدول زیر انعکاس است :

الف - در غیاب H_2S (میزان سولفورزدای مصرف شده در گل 2 PPB بوده است)			
	گل پایه	میگلارد	کربنات مس
MPY LOSS	7.4	2.3	12.7
MPY LOSS*	6.3	3.8	16.3
ب - در حضور H_2S (میزان سولفورزدای مصرف شده در گل 4 PPB بوده است)			
	گل پایه **	میگلارد	کربنات مس
MPY LOSS	75.9	0.6	7.5

* تستهای مکرر
** صاف گل پایه در پایان آزمایش ممتدی 285 PPM یون S بود

این جدول بجز از خوردگی سولفورزدا با بر روی فولاد 80-11 نشان میدهد . در آزمایشهای سری اول ، یعنی آزمایشهای که بدون حضور H_2S صورت گرفته است کربنات مس بر روی کونپنا بصورت لایه ای نشسته و سرعت خوردگی کونپنا را تقریباً دو برابر کرده است . در همین شرایط ، میگلارد از خود سرعت خوردگی کمتری را نشان میدهد و این دلیل بر توانائی میگلارد در جلوگیری از خوردگی است . قطعات فلزی مایه خورد میباشند . جدول فوق هم چنین نشان میدهد که در آزمایشهای سری دوم که H_2S حضور داشته است کربنات مس سرعت خوردگی کمتری را نسبت به گل پایه از خود نشان میدهد و این ممکن است بدلیل غلظت کمتر ionic copper باشد که ناشی از وجود سولفور های سی است که توسط کربنات مس رسوب شده اند . در این شرایط نیز میگلارد بهتر عمل کرده است : حداقل سرعت خوردگی دلیل این امر است .

* cuprous and/or cupric sulfide

برای اندازه گیری غلظت سیگار دانه های مختلف به محلول صد گرم اریتریتول سولفورسیم معبران محلول است تا نژاد احتیاج داریم.
 برای تهیه یکصد میلی لیتر از این محلول ، ۳٫۱۷۶۹ گرم سولفورسیم متبور ($Na_2S \cdot 9H_2O$) را در آب متطرح کرده و حجم
 آنرا به یکصد میلی لیتر برسانید (۱ ml از این محلول معادل $0.041 \text{ gm S} =$ میباشد) برای پایداری ماندن محلول ، سه گرم
 هم کربنات سدیم در آن حل کنید .

روش آزمایش

۱- 350 ml از قطره که میخواهید غلظت سیگار آنرا اندازه گیری کنید در یک لیوان آزمایش ریخته و ضمن آنکه آنرا هم میزنید
 2.5 ml از محلول استاندارد فوق را کم کم تان اضافه کنید . این حجم محلول استاندارد (که معادل $0.1025 \text{ gm S} =$ میباشد)
 باید بایک گرم سیگار ترکیب شود .

۲- گل را مدت ۱۵ دقیقه در با سرعت سولایم هم بزنید (با Hamilton Beach Blender or Mixer) و بعد
 صاف آنرا بوسیله دستگاه API Filter Press تهیه کنید .

۳- یک ورق کاغذ دایره ای شکل مخصوص سنجش گاز هیدروژن سولفور را در سربطری آزمایش قرار دهید .

۴- 2 ml از صاف را درون بطری آزمایش ریخته و یک قطره ضد کف تان بیزنید .

۵- در حدود 25 ml آب متطرح اضافه کرده و دو قطره هم محلول هایدروکسید سدیم ۱۸ درصد بیزنید .

۶- یک قرص alka-seltzer درون بطری آزمایش انراخته و " بلافاصله " سربطری را ببندید . (اگر قرص زیاد کند

کند بطوریکه کاغذ تر نشود ، آزمایش را از نو تکرار کنید و این دفعه نصف یا حتی ربع قرص بکار برید)

۷- پس از آنکه قرص کاملاً حل شد ، یک دقیقه دیگر صبر کنید و بعد سربطری را باز نموده و کاغذ را بازرسی کنید :

الف- اگر آزمایش مثبت است (یعنی رنگ کاغذ قهوه ای شده است) غلظت سیگار در گل کمتر از 1 PPB است

ب- اگر آزمایش منفی است (یعنی رنگ کاغذ تغییر نکرده است) آزمایش را چندین بار دیگر تکرار کنید لیکن هر دفعه حجم محلول

استاندارد را نسبت به دفعه قبل ، 2.5 ml افزایش دهید (مثلاً در مرتبه دوم 5 ml ، در مرتبه سوم 7.5 ml و ...) از آنجا

استاندارد را بردارید) و این تکرار تا آنجا ادامه دهید که پاسخ آزمایش

مثبت شود یعنی کاغذ تغییر رنگ داده و قهوه ای شود (خاتم عمل)

۸- بگج جدول در جدول و بر حسب حجم محلول استاندارد مصرف

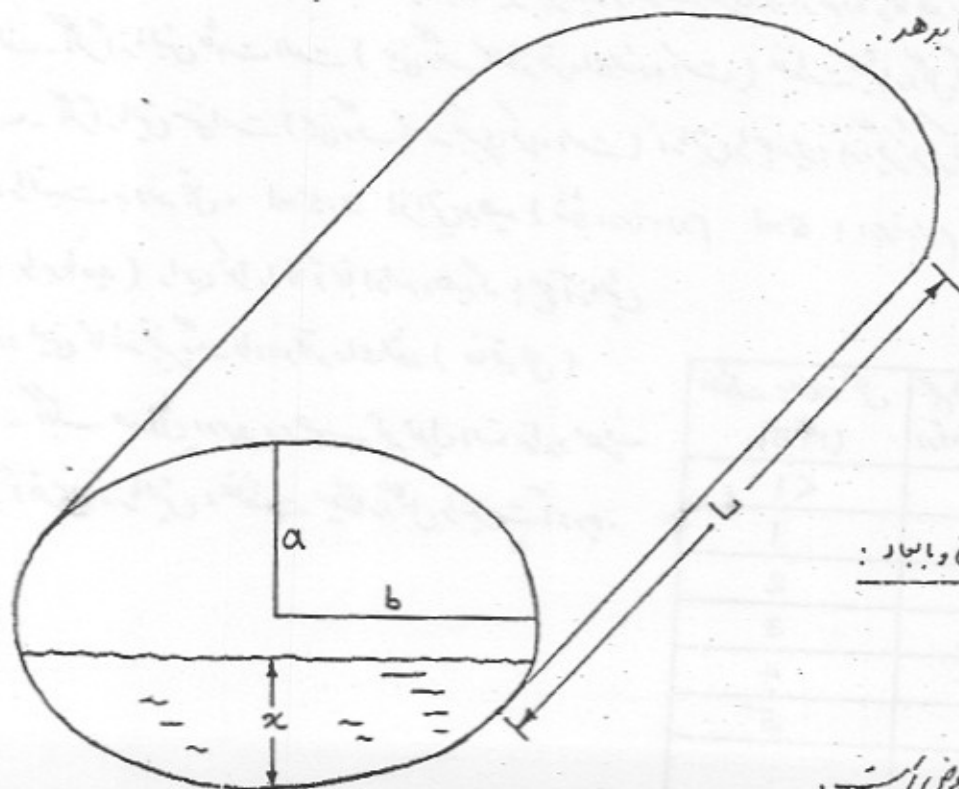
شده در آخرین آزمایش ، غلظت سیگار در گل را بدست آورید .

غلظت سیگار در گل (PPB)	حجم محلول استاندارد مصرف شده در آخرین آزمایش (ml)
< 1	2.5
1	5.0
2	7.5
3	10.0
4	12.5
5	15.0
⋮	⋮

کرار از سوی برخی از کارآموزان و نیز به کارن مادر علی حدادی درباره فرمولی برای محاسبه حجم مایعات داخل تانکهای استوانه‌ای خوابیده، بر حسب ارتفاع مایع داخل تانک، سؤال شده است. در این رابطه دو راه حل مختلف که یکی برداش جبر و دیگری برداش مشتقات است و هر دو به جز به استخراج فرمول واحد برای این محاسبه میشوند بنظر میرسد که در زیر خواهد آمد. درک روش اول نیازمند داشتن اطلاعات ریاضی درباره انگرالهاست و در روش دوم از مایه‌های ساده و ابتدائی مشتقات استفاده شده است. با اینهمه استفاده از فرمول نهائی برای هر کس میسر است مشروط بر اینکه یک ماشین حساب که دارای توابع مثلثاتی (و ترجیحاً حافظه هم) باشد در اختیار باشد.

صورت کلی مسئله

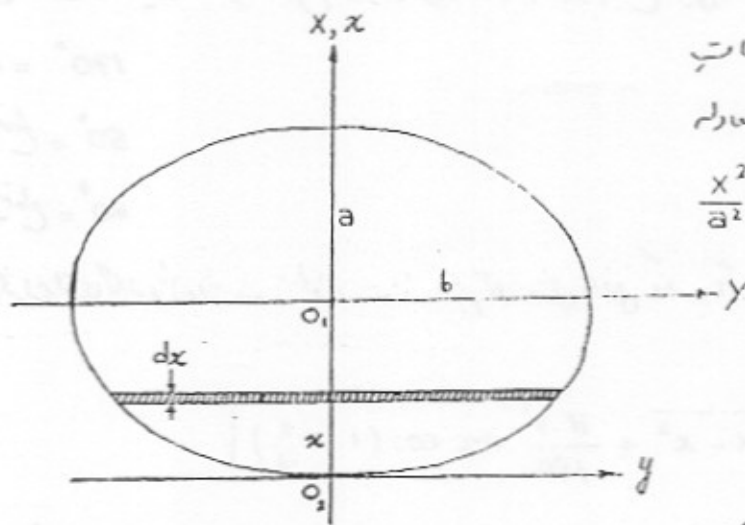
برای اندازه‌گیری حجم مایعات داخل تانکهای استوانه‌ای خوابیده روی زمین، معمول اینست که ابتدا ارتفاع مایع داخل مخزن را از روی یک gauge glass که در کنار مخزن و متصل بآن است میخوانند و از روی عدد حاصل و با کمک یک فرمول ریاضی (و یا با استفاده از جدولی که خود از روی این فرمول بدست آمده است) حجم مایع داخل مخزن را تعیین میکنند. لیکن اگر مخزن، gauge glass نداشته باشد میتوان مقول صافی را که طولش بیش از قطر مخزن باشد از سوراخ بالای تانک (که از آنجا تانک را پر میکنند) بطور عمودی وارد تانک کرد تا سه مقول به کف تانک اصابت کند. بدین ترتیب مقول دست بندازه عمق مایع داخل تانک ضعیف میشود. مقول را با لاکتیده و از روی مقدار ضعیف شده آن، عمق یا ارتفاع مایع داخل تانک را بر حسب میلی از واحد ای رانچ طول (شکل $inch \div cm$) تعیین میکنند. (دری سبابت زیر، این مقدار را - یعنی ارتفاع مایع داخل تانک را - با حرف x نشان داده ایم). اینک میخوانیم فرمولی پیدا کنیم که چون x و در آن بگذاریم مستقیماً حجم مایع داخل تانک را بیاورد.



مخزن استوانه‌ای با مقطع بیضی و ابعاد:

طول مخزن l
 قطر بزرگ مقطع $2b$
 قطر کوچک مقطع $2a$

مفروض است.



جدداً متغیر تابع را در نظر بگیرید : مبدأ مختصات
 دستگاه xO_1y منطبق بر مرکز بیضی است. معادله
 بیضی در این دستگاه می‌شود : $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

مبدأ مختصات را از نقطه O_1 به نقطه O_2 منتقل می‌کنیم. دستگاه جدید xO_2y حاصل می‌شود. رابطه بین این دو دستگاه

$$\begin{cases} y = Y \\ x = X + a \end{cases}$$

مختصات قائم عبارتست از :

اگر از این روابط x و y را پیدا کنیم و در معادله بیضی قرار دهیم خواهیم داشت :

$$\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

و این معادله بیضی است در دستگاه جدید xO_2y .

از این معادله y را بر حسب x پیدا می‌کنیم :

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{2ax - x^2}$$

اگر مساحت نوار باریک مشور زده شده را dA فرض کنیم، آنگاه خواهیم داشت :

$$dA = 2 \frac{b}{a} \sqrt{2ax - x^2} \cdot dx$$

از این دیفرانسیل انتگرال بگیریم (بین صفر تا x)، تا مساحت آن قسمت از بیضی که زیر نوار مشور زده شده قرار دارد بدست

آید :

$$\int dA = \int_0^x 2 \frac{b}{a} \sqrt{2ax - x^2} dx = \frac{2b}{a} \int_0^x \sqrt{2ax - x^2} dx$$

و مقدار این انتگرال برابر است با :

$$A = \frac{b}{a} \left[(x-a) \sqrt{2ax - x^2} + a^2 \arccos \left(1 - \frac{x}{a} \right) \right]$$

اگر این مساحت را در طول تابع ضرب کنیم حجم آن قسمت از تانک که در سطح مایع اشغال شده است، باید حقیقت حجم

مجموع مایع، بدست خواهد آمد

$$\text{Volume} = \frac{bL}{a} \left[(x-a) \sqrt{2ax - x^2} + a^2 \arccos \left(1 - \frac{x}{a} \right) \right]$$

در فرمولهای فوق، عبارت $\arccos \left(1 - \frac{x}{a} \right)$ بر حسب درجه است و برای آنکه بتوان آنرا با عبارت $(x-a) \sqrt{2ax - x^2}$ جمع جبری کرد باید آنرا بر حسب رادیان بیان کنیم. پس لازم است فاکتور $\frac{\pi}{180}$ را در آن ضرب کنیم تا بر این فرمول شکل کامل

بیرود خواهد آمد :

$$(I) \text{ Volume} = \frac{bL}{a} \left[(x-a) \sqrt{2ax - x^2} + \frac{\pi a^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{x}{a} \right) \right], \pi = 3.14159$$

شال عدی - یک تاکر فنکشن دارای فرم استوانه‌ای با مقطع بیضی است. ابعاد این مخزن عبارتند از:

$$\text{طول مخزن} = 170''$$

$$\text{قطر بزرگ مقطع} = 50''$$

$$\text{قطر کوچک مقطع} = 40''$$

این مخزن قوی گاز دوشل است. ابعاد استوانه‌ای نامعلوم گاز دوشل داخل آنک - اگر عن گاز دوشل برتریب $8''$ ، $20''$ و $32''$ باشد.

$$V = \frac{bL}{a} \left[(x-a) \sqrt{2ax - x^2} + \frac{\pi a^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{x}{a} \right) \right] \quad \text{حل}$$

طبق صورت مسئله: $L = 170''$ و $a = 25''$ و $b = 40''$. این مقادیر را در فرمول فوق میگذاریم:

$$1) \quad x = 8'' \quad V_1 = \frac{25 \times 170}{40} \left[(8-20) \sqrt{2(20)(8) - (8^2)} + \frac{\pi (20)^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{8}{20} \right) \right]$$

$$V_1 = 38020 \text{ in}^3 = 623 \text{ lit}$$

$$2) \quad x = 20'' \quad V_2 = \frac{25 \times 170}{40} \left[(20-20) \sqrt{2(20)(20) - (20^2)} + \frac{\pi (20)^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{20}{20} \right) \right]$$

$$V_2 = 133518 \text{ in}^3 = 2188 \text{ lit}$$

$$3) \quad x = 32'' \quad V_3 = \frac{25 \times 170}{40} \left[(32-20) \sqrt{2(20)(32) - (32^2)} + \frac{\pi (20)^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{32}{20} \right) \right]$$

$$V_3 = 229015 \text{ in}^3 = 3753 \text{ lit}$$

(آیا مجموع V_1 و V_3 تأییدی بر فرمول I نیست ؟)

میدانید که دایره حالت خاصی است از بیضی. اگر قطر بزرگ و قطر کوچک یک بیضی با هم برابر شوند (بصورت دیگر $a = b$ شود) آنگاه بیضی تبدیل به دایره ای خواهد شد. با شعاع R بطوریکه $R = a = b$. در چنین حالتی فرمول (I) بشکل زیر در خواهد آمد:

$$(II) \quad V = L \left[(x-R) \sqrt{2Rx - x^2} + \frac{\pi R^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{x}{R} \right) \right]$$

توجه کنید: فرمول (I) برای تانکهای استوانه‌ای با مقطع بیضی و فرمول (II) برای تانکهای استوانه‌ای با مقطع دایره است.

روش دوم - روش دوم که با استفاده از مشتقات است تنها قابل اجرا در مورد تانکهای استوانه‌ای با مقطع دایره میباشد. دایره زیر را که مقطع یک چنین تانکی را نشان میدهد در نظر بگیرید:

اگر $CH = x$ باشد آنگاه $OH = R - x$ و

$$AH = BH = \sqrt{2Rx - x^2} \quad (\text{طبق قضیه فیثاغورث})$$

خواهد شد. بنابراین:

$$\cos \theta = \frac{OH}{OB} = \frac{R-x}{R} = 1 - \frac{x}{R}$$

و مقدار زاویه θ بر حسب درجه میشود:

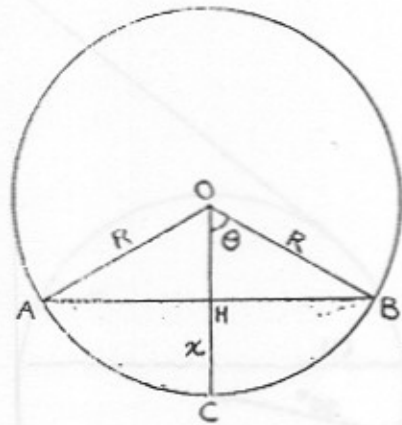
$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$$

برای بدست آوردن مساحت قطاع BOC که اندازه زاویه آن برابر

$\arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$ است میتوان از تناسب زیر استفاده کرد: اگر

θ برابر 360° شود، مساحت قطاع BOC مسوی مساحت دایره (یعنی مسوی πR^2) میشود، حال که θ مسوی

$\arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$ درجه است مساحت قطاع BOC چقدر است؟



اگر θ
 360° مساحت قطاع
 πR^2

$$\arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right) \quad ? \quad ? = \frac{\pi R^2}{360} \times \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$$

از طرفی، چون مساحت قطاع AOB در برابر مساحت قطاع COB است بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{مساحت قطاع } AOB = 2 \times (\text{مساحت قطاع } BOC) = 2 \times \frac{\pi R^2}{360} \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$$

$$\therefore \text{مساحت قطاع } AOB = \frac{\pi R^2}{180} \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$$

و از آنجا که مساحت مثلث AOB برابر است با $(R-x)\sqrt{2Rx-x^2}$ ، بنابراین این مقدار را با مساحت آن قسمت از دایره را که زیر خط AB قرار دارد پیدا کنیم:

$$\text{مساحت قطاع } ABCA = \text{مساحت قطاع } AOB - \text{مساحت مثلث } AOB$$

$$= \frac{\pi R^2}{180} \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right) - (R-x)\sqrt{2Rx-x^2}$$

$$= (x-R)\sqrt{2Rx-x^2} + \frac{\pi R^2}{180} \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right)$$

بدیهی است اگر شش روش اول، این مساحت را در طول تانگ ضرب کنیم، حجم آن قسمت از تانگ که بدست می آید اشغال شده است - یا در واقع حجم خود مایع داخل تانگ - بدست خواهد آمد:

$$\text{حجم مایع داخل تانگ} = L \left[(x-R)\sqrt{2Rx-x^2} + \frac{\pi R^2}{180} \arccos\left(1 - \frac{x}{R}\right) \right]$$

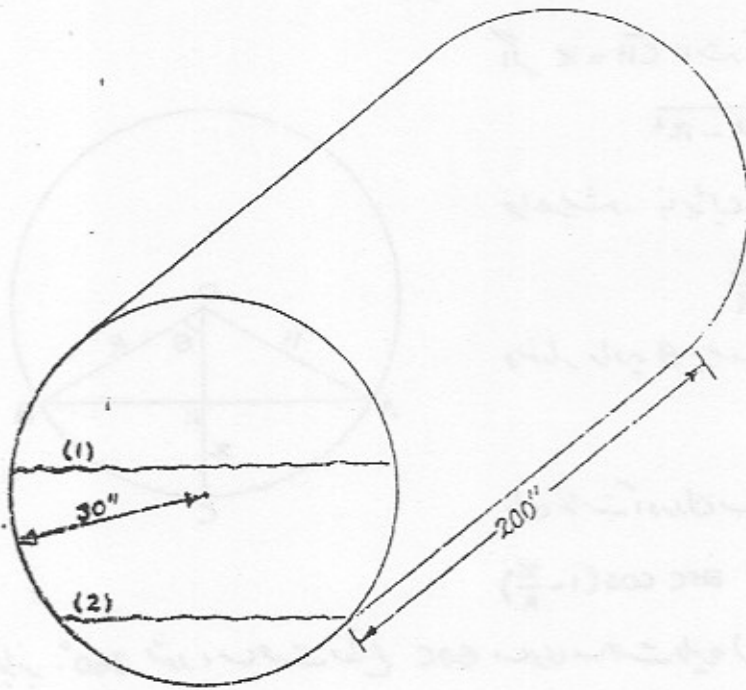
(این فرمول را، فرمول II بنامید)

یک مخزن آب استوانه‌ای با مقطع دایره
باجاد زیرفرض است :

$$طول = 200''$$

$$قطر داخلی = 60''$$

این مخزن بصورت افقی روی زمین قرار دارد
اگر ارتفاع آب داخل مخزن از 34'' به
12'' برسد، چند لیتر آب از مخزن خارج
شده است؟ در این حالت اگر مخزن را
سرپا بگذاریم، ارتفاع آب داخل آن چند
اینچ خواهد شد؟



حل - از فرمول II استفاده میکنیم :

$$V = L \left[(x-R) \sqrt{2Rx - x^2} + \frac{\pi R^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{x}{R} \right) \right]$$

$$1) \quad x = 34 \quad V_1 = 200 \left[(34-30) \sqrt{2(30)34 - (34)^2} + \frac{\pi(30)^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{34}{30} \right) \right]$$

$$V_1 = 330601 \text{ in}^3 = 5417.6 \text{ lit}$$

$$2) \quad x = 12 \quad V_2 = 200 \left[(12-30) \sqrt{2(30)12 - (12)^2} + \frac{\pi(30)^2}{180} \arccos \left(1 - \frac{12}{30} \right) \right]$$

$$V_2 = 80513 \text{ in}^3 = 1319.4 \text{ lit}$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 = 5417.6 - 1319.4 = 4098.2 \text{ lit}$$

پس از آنکه مخزن را سرپا میکنیم اگر ارتفاع آب داخل آن را h فرض کنیم رابطه زیر باید برقرار باشد :

$$\pi R^2 h = V_2$$

$$\therefore h = \frac{V_2}{\pi R^2} = \frac{80513 \text{ in}^3}{\pi (30)^2 \text{ in}^2} = 28.5''$$

تقریب (برای علاتمندان) - نیدایره ای به شعاع یک متر فرض است. خط مستقیم موازی قطر، نیدایره را قطع میکند. فاصله این خط تا قطر چند میله متر باشد تا مساحت دو قطعه حاصل برابر شود!