

## فهرست مطالب

فصل اول: گل حفاری	۱۳
۱-۱. مقدمه	۱۳
۱-۲. کانی‌های سیلیکات	۱۷
۱-۳. رس	۲۱
۱-۳-۱. اختصاصات رس‌ها	۲۴
۱-۳-۲. شیل‌ها (Shale)	۲۵
۱-۴. ترکیب گل حفاری	۲۶
۱-۵. سیستم گل حفاری	۲۹
۱-۶. فاز جامد گل‌های حفاری (Solid Phase of drilling muds)	۳۱
۱-۶-۱. فاز جامدات فعال (Reactive Solids Phase)	۳۱
۱-۶-۲. فاز جامدات غیرفعال (Inert Solids Phase)	۳۲
۱-۷. انواع گل‌های حفاری	۳۳
۱-۷-۱. گل‌های پایه آبی (Water-based Muds)	۳۳
۱-۷-۱-۱. گل آب شیرین (Fresh Water Mud)	۳۵
۱-۷-۱-۲. گل طبیعی (Natural Mud)	۳۵
۱-۷-۱-۳. گل فسفاتی	۳۶
۱-۷-۱-۴. گل‌های پالایش شده و بهسازی شده با مواد شیمیایی	۳۶
۱-۷-۱-۵. گل‌های کلسیمی (بهسازی شده با کلسیم)	۳۶
۱-۷-۱-۶. گل‌های آماده روغنی (امولسیون روغن)	۳۷
۱-۷-۱-۷. گل‌های آب شور (Salt Water Muds)	۳۸
۱-۷-۱-۸. گل‌های سیلیکاتی	۳۸
۱-۷-۱-۹. گل‌های گلیکولی (Glycol Muds)	۳۹
۱-۷-۱-۱۰. گل PHPA-KCl	۴۰
۱-۸-۲. طبقه‌بندی سیستم‌های گل حفاری پایه آبی	۴۰
۱-۸-۲-۱. No dispersed - No inhibited System	۴۰
۱-۸-۲-۲. No dispersed - Inhibited Systems	۴۱



- ۴۱ ..... Dispersed - No inhibited Systems .۱-۸-۲-۳
- ۴۱ ..... Dispersed - Inhibited Systems .۱-۸-۲-۴
- ۴۱ ..... گل های پایه روغنی (Oil-based Muds) .۱-۹-۳
- ۴۴ ..... گل های هوا داده .۱-۱۰-۴
- ۴۵ ..... گل های پایه گازی .۱-۱۰-۴-۱
- ۴۵ ..... کف .۱-۱۰-۴-۲
- فصل دوم: کاربرد و وظایف گِل حفاری (Functions of Drilling Mud) ۴۷**
- ۴۷ ..... مقدمه .۲-۱
- ۴۹ ..... کاربردها و وظایف گِل حفاری .۲-۲
- ۴۹ ..... تمیز کردن ته چاه و انتقال کنده های حفاری به سطح زمین .۲-۲-۱
- ۵۲ ..... خنک کردن مته و لوله های حفاری .۲-۲-۲
- ۵۲ ..... روان کردن مته و لوله های حفاری .۲-۲-۳
- ۵۴ ..... اندود کردن دیواره چاه و جلوگیری از ریزش آن .۲-۲-۴
- ۵۴ ..... کنترل فشارهای زیر زمینی .۲-۲-۵
- ۵۶ ..... معلق نگه داشتن کنده ها و مواد وزن افزای گِل به هنگام خاموشی پمپ ها .۲-۲-۶
- ۵۷ ..... جدا سازی و ترخیص شن و کنده های حفاری روی الک لرزان .۲-۲-۷
- ۵۸ ..... تحمل بخشی از وزن رشته و تجهیزات حفاری (وزن لوله های حفاری، وزنه و جداری) .۲-۲-۸
- ۵۸ ..... کمینه سازی ضایعات وارد بر سازندهای مجاور چاه و اخذ حداکثر اطلاعات پیرامون آنها .۲-۲-۹
- ۶۰ ..... انتقال توان هیدرولیک پمپ ها به مته .۲-۲-۱۰
- ۶۱ ..... چگونگی کاهش خسارات حفاری توسط گِل حفاری .۲-۳
- ۶۱ ..... حفاری از میان سنگ های نمکی .۲-۳-۱
- ۶۲ ..... مشکل حفاری از میان شیل و چگونگی غلبه بر آن .۲-۳-۲
- ۶۳ ..... علت فوران چاه و چگونگی غلبه بر آن .۲-۳-۳
- ۶۴ ..... به هدر رفتن گِل حفاری .۲-۳-۴
- فصل سوم: متعلقات سیستم گردشی گِل حفاری ۶۷**
- ۶۷ ..... مقدمه .۳-۱
- ۶۸ ..... پمپ های گِل حفاری .۳-۲
- ۷۴ ..... لوله قائم و خرطومی کلی .۳-۳
- ۷۹ ..... خط برگشت گِل .۳-۴



۸۰	..... ۳-۵ مخازن گل (reserve tank)
۸۳	..... ۳-۶ تجهیزات کمکی
۸۵	..... ۳-۷ تسهیلات ذخیره و مخلوط کردن
۸۵	..... ۳-۸ مرور کلی سیستم گردش گل
۹۶	..... مخزن شیمیایی (Chemical tank)
۹۹	<b>فصل چهارم: افزودنی‌های گل حفاری (ADDITIVES)</b>
۹۹	..... ۴-۱ مقدمه
۱۰۰	..... ۴-۲ مواد وزن افزای گل حفاری
۱۰۰	..... ۴-۲-۱ باریت (Barite)
۱۰۱	..... ۴-۲-۲ پودر سنگ آهک (Limestone Powder)
۱۰۲	..... ۴-۲-۳ فروبار (Fer-O-Bar)
۱۰۳	..... ۴-۲-۴ گالن (Galena)
۱۰۳	..... ۴-۲-۵ نمک طعام (Salt)
۱۰۳	..... ۴-۲-۶ هایدنس (High Dense)
۱۰۴	..... ۴-۲-۷ کلرور کلسیم
۱۰۴	..... ۴-۳ مواد گرانروی زا
۱۰۴	..... ۴-۳-۱ بنتونیت (Bentonite)
۱۰۵	..... ۴-۳-۲ کربوکسی متیل سلولز (CMC)
۱۰۵	..... ۴-۳-۳ لیگنو سولفات فروکروم
۱۰۶	..... ۴-۳-۴ Xc-polymer
۱۰۶	..... ۴-۳-۵ Xc 100 polymer
۱۰۶	..... ۴-۳-۶ جلتون (Gelton)
۱۰۶	..... ۴-۳-۷ VG-69
۱۰۶	..... ۴-۴ مواد کنترل کننده صافاب گل (Filtration Control)
۱۰۷	..... ۴-۴-۱ نشاسته (Starch)
۱۰۷	..... ۴-۴-۲ DV-22
۱۰۷	..... ۴-۴-۳ دکسترید (Dextrid)
۱۰۷	..... ۴-۵ مواد کنترل کننده PH
۱۰۷	..... ۴-۵-۱ کاستیک سودا



- ۱۰۸ ..... ۴-۵-۲ آهک (Lime) ..... ۱۰۸
- ۱۰۸ ..... ۴-۶ مواد کنترل هرزروی گل (Lost Circulation Control) ..... ۱۰۸
- ۱۰۹ ..... ۴-۷ مواد راسب دهنده یون  $Ca^{++}$  ..... ۱۰۹
- ۱۰۹ ..... ۴-۷-۱ کربنات سدیم ..... ۱۰۹
- ۱۱۰ ..... ۴-۷-۲ بیکربنات سدیم ..... ۱۱۰
- ۱۱۱ ..... ۴-۷-۳ کربنات باریم ..... ۱۱۱
- ۱۱۱ ..... ۴-۸ مواد کنترل کننده خوردگی ..... ۱۱۱
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۱ کرومات سدیم و سولفیت سدیم ..... ۱۱۲
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۲ کوت ۱۱۳ (Coat 113) ..... ۱۱۲
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۳ کوت ۴۱۵ (Coat 415) ..... ۱۱۲
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۴ کنتول ۱۴۱ ..... ۱۱۲
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۵ کنتول ۴۰۰ ..... ۱۱۲
- ۱۱۲ ..... ۴-۸-۶ میل گارد ..... ۱۱۲
- ۱۱۳ ..... ۴-۹ سایر مواد مصرفی گل حفاری ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۱ اسپرسین (ماده رقیق کننده) ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۲ رس نمکی (Salt Clay) یا ژل نمکی (Salt Gel) ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۳ ایمپرمیکس (Impermix) ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۴ لولوس (Loloss) ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۵ سیلکس (Celex) ..... ۱۱۳
- ۱۱۳ ..... ۴-۹-۶ سپیان (Sypan) ..... ۱۱۳
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۷ دریسپاک (Drispac) ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۸ DG - 55 ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۹ DV-22 ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۱۰ SE-11 ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۱۱ DV-33 ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۱۲ لو ویت (Low Wate) ..... ۱۱۴
- ۱۱۴ ..... ۴-۹-۱۳ بیت لوب (Bit Lub) ..... ۱۱۴
- ۱۱۵ ..... ۴-۹-۱۴ Cutting ..... ۱۱۵
- ۱۱۵ ..... ۴-۹-۱۵ F.C.L ..... ۱۱۵



۱۱۵	Pipelax .۴-۹-۱۶
۱۱۵	C.F.R 1 .۴-۹-۱۷
۱۱۵	دوراتون (Duraton) .۴-۹-۱۸
۱۱۵	ایرناپول (Imapol) .۴-۹-۱۹
۱۱۶	ورت اویل (Vertoil) .۴-۹-۲۰
۱۱۶	اویل فیز (Oil Faze) .۴-۹-۲۱
۱۱۶	VG.69 .۴-۹-۲۲
۱۱۶	گرافیت .۴-۹-۲۳
۱۱۶	ژیپس .۴-۹-۲۴
۱۱۶	آزبست .۴-۹-۲۵
۱۱۶	فسفات‌ها .۴-۹-۲۶
۱۱۷	پلیمر ایکس سی .۴-۹-۲۷
۱۱۷	صابون مایع .۴-۹-۲۸
۱۱۷	۴-۱۰. محاسبه وزن افزایه مورد نیاز جهت افزایش وزن گل
۱۱۹	<b>فصل پنجم: خواص گل حفاری و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها</b>
۱۱۹	۵-۱. مقدمه
۱۱۹	۵-۲. وزن مخصوص گل حفاری
۱۲۱	۵-۳. گرانروی
۱۲۱	۵-۳-۱. تقسیم‌بندی سیالات براساس گرانروی
۱۲۳	۵-۳-۱-۱. گرانروی ظاهری
۱۲۳	۵-۳-۱-۲. گرانروی پلاستیکی
۱۲۷	۵-۳-۲. روش‌های اندازه‌گیری گرانروی گل حفاری
۱۲۷	۵-۳-۲-۱. قیف مارش (Marsh Funnel)
۱۲۷	۵-۳-۲-۲. گرانرویسنج استورمر
۱۲۹	۵-۳-۲-۳. گرانرویسنج فن
۱۳۱	۵-۴. قدرت ژله شدن
۱۳۲	۵-۵. اندازه‌گیری PH یا غلظت یون هیدروژن گل
۱۳۲	۵-۵-۱. روش رنگسنجی اصلاح شده (Modified Colorimetric Method)
۱۳۳	۵-۵-۲. روش الکترونسنجی (Electrometric Method)



- ۶-۵. اندازه گیری قلیائیت (Alkalinity) ..... ۱۳۴
- ۷-۵. آزمایش اندازه گیری مقدار شن گل حفاری ..... ۱۳۷
- ۸-۵. تعیین مقدار کربنات‌ها، بی کربنات‌ها و هیدروکسیدها در صافاب گل حفاری ..... ۱۳۷
- فصل ششم: توسعه روابط کلی جهت محاسبه وزن گل ..... ۱۳۹**
- مقدمه ..... ۱۳۹
- تعاریف مورد استفاده در روابط ریاضی ..... ۱۳۹
- افزایش وزن مخصوص گل ..... ۱۴۱
- کاهش وزن مخصوص گل ..... ۱۴۲
- ذرات جامد مورد نیاز به ازای هر بشکه از حجم نهایی گل حفاری با معلوم بودن وزن مخصوص نهایی ..... ۱۴۲
- ذرات جامد مورد نیاز به ازای هر بشکه از حجم اولیه گل حفاری ..... ۱۴۳
- روابط بین حجم و وزن مخصوص گل حفاری ..... ۱۴۵
- رابطه بین حجم اولیه و حجم نهایی گل با وزن مخصوص گل ..... ۱۴۵
- رابطه بین حجم مواد اضافه شده به حجم نهایی گل با وزن مخصوص گل ..... ۱۴۵
- رابطه بین حجم مواد اضافه شده و حجم اولیه گل با وزن مخصوص گل ..... ۱۴۵
- تعداد بشکه گل حفاری حاصل از تعلیق رس در آب ..... ۱۴۶
- محاسبه بالا آمدن گل از مته (ته چاه) تا سطح (BOTTOM UP) ..... ۱۴۷
- محاسبه زمان کامل گردش گل (Mud Cycle) ..... ۱۴۸
- محاسبه تهیه گل‌های اولیه ..... ۱۴۹
- محاسبه کشتن چاه در هنگام وقوع جریان ..... ۱۵۱
- منابع و مآخذ ..... ۱۵۳**
- ضمائم ..... ۱۵۵**
- فرمول‌های محاسباتی مهندسی گل حفاری ..... ۱۵۵
- افزایش وزن گل ..... ۱۵۵
- کاهش وزن گل ..... ۱۵۵
- محاسبه افزایش حجم سر چاه (Increase volume) ..... ۱۵۵
- محاسبه افزایش حجم در آزمایشگاه (Increase volume in lab) ..... ۱۵۶
- محاسبه فشار ستون سیال (Hydrostatic Pressure) ..... ۱۵۶
- محاسبه شیب گل (Mud Gradient) ..... ۱۵۷



۱۵۷	محاسبه فشار سطحی (Surface Pressure)
۱۵۷	محاسبه وزن سیال حفاری در هنگام وقوع فوران (Mud Weight to Balance a kick)
۱۵۸	محاسبه فشار گردشی ته چاه (Bottom Hole Pressure)
۱۵۸	محاسبه ضریب شناوری (Buoyancy Factor) و وزن ظاهری لوله در سیال
۱۵۸	محاسبه حجم چاه یا لوله (Capacity of hole or Pipe)
۱۵۹	محاسبه حجم و جایگزینی لوله‌های حفاری (Capacity/Displacement of Drill Pipe)
۱۶۱	محاسبه حجم فضای حلقوی (Annulus Capacity)
۱۶۲	محاسبه گنجایش مخازن مکعبی (Pit Volume)
۱۶۲	محاسبه بشکه در اینچ مخازن مکعبی
۱۶۳	محاسبه حجم مخازن خوابیده با مقطع بیضی (Elliptical cylindrical tanks)
۱۶۳	محاسبه حجم مخازن خوابیده با مقطع دایره
۱۶۳	محاسبه حجم مخازن ایستاده با مقطع دایره
۱۶۶	محاسبه زمان بالا آمدن کننده‌ها از ته چاه (Bottoms Up or Lag Time)
۱۶۶	محاسبه کل حجم گل در سیستم (Total System Volume)
۱۶۷	محاسبه زمان گردش گل در سیستم (Total Circulation System)
۱۶۷	محاسبه زمان گردش گل در چاه (Circulation Hole)
۱۶۷	محاسبه درجه حرارت سازند (Estimated Formation Temperature)
۱۶۷	معادلات و نمودار تبدیل حرارت
۱۶۸	معادله و نمودار نقطه آزاد لوله (Free Point Equation and Chart)
۱۷۱	محاسبه مقدار مواد شیمیایی مورد نیاز برای رفع آلاینده‌های گل‌های حفاری
۱۷۲	روش محاسبه سرعت فوارهای (Jet Velocity)
۱۷۲	روش محاسبه سرعت گل درون لوله‌ها
۱۷۲	روش محاسبه بازدهی پمپ برای مت‌های مختلف (Pump Out Put)
۱۷۲	روش محاسبه "زمان بالا آمدن کننده‌ها" برای مت‌های مختلف
۱۷۲	محاسبه سرعت جداری با در نظر گرفتن قطر مت و وزن گل حفاری (روش ۲)
۱۷۳	روش محاسبه سرعت جداری (روش ۳)
۱۷۳	محاسبه درصد وزنی نمک در شوراب
۱۷۳	روش محاسبه درصد وزنی نمک در شوراب (روش ۲)

avabook.com



## فصل اول

# گل حفاری

### ۱-۱. مقدمه

گل حفاری تاریخچه طولانی، گسترده و متنوعی را از گذشته‌های دور تا کنون بخود دیده است. در آغاز چینی‌ها فهمیدند که گل آنچه را که در سازند وجود دارد نرم می‌کند و همچنین عقیده داشتند که گل حفاری به بالا آوردن کنده‌ها از ته چاه کمک شایانی می‌کند. به جز چند چاهی که توسط چینی‌ها در قرن هجدهم حفاری شد، چند چاه نیز در امتداد سنگ‌ها بوسیله دست با عمق‌های کم حفر شد که اولین آنها در سال ۱۸۰۶ تا ۱۸۰۸ بوسیله دو برادر بنام‌های دیوید و ژوزف رافنر بود که برای آب نمک حفر گردید. در همین رابطه در سال ۱۸۲۹ به هنگامی که حفاری برای آب نمک در یکی از ایالت‌های امریکا ادامه داشت یک‌باره بجای آب نمک به مقدار ۱۰۰۰ بشکه در روز نفت از چاه به بیرون فوران کرد.

در سیستم‌هایی که تا سال ۱۸۴۶ و حتی بعد از آن که برای استخراج نفت از آبهای جاری استفاده می‌شد، هنوز کسی از خواص گل حفاری اطلاع نداشت.

در سال ۱۸۹۰، "چاپ‌من" اشاره‌ای به این موضوع نمود که جریانی از آب و مقداری از مواد پلاستیکی می‌تواند شکلی به دیواره چاه داده و این آغاز مهندسی مدرن در تاریخ گل حفاری بود. وی بعداً به



یکی دیگر از کاربردهای گل حفاری یعنی توانایی جلوگیری از هرزروی آب در لایه‌های سازند دست یافت. او با پشتکار زیاد به این نتیجه رسید که از مواد دیگری جهت اندود کردن دیواره چاه می‌توان استفاده کرد. چاپ‌من همچنین به موضوع کاربرد خاک رس، پوست گندم، حیوبات، سیمان و مواد مشابه اشاره کرد. در سال ۱۸۸۹ یک پیمانکار چاه‌های آبی، بنام آندرو از اهالی آمریکا متذکر شد که گل‌های خمیره‌ای می‌توانند جهت دیواره‌سازی جداره‌های حفاره بکار گرفته شوند. در همین سال شخصی بنام جان باکینگهام یادآور شد که بجای آب می‌توان از مواد چرب و نرم استفاده کرد. وی همچنین درباره بکارگیری گل‌های روغنی گزارشی ارائه داد. در اکتبر سال ۱۹۰۰ کرت هامیل یادآور شد که وقتی سیال حفاری بوسیله خاک رس خمیره‌ای تر گردد، کمک قابل توجهی به دیواره‌سازی جداره حفاره خواهد کرد. ظاهراً در آن دوره، سیال حفاری علیرغم اهمیت و ضرورتش نتوانسته بود توجه ویژه‌ای را جلب نماید. خواص فیزیکی سیال نیز آنقدر مطلوب نبود که سزاوار ثبت شدن باشد و به همین دلیل ردپایی از آنها بجای نمانده است.

می‌توان چنین فرض نمود که گل ساخته شده توسط جامدات چاه یا خیلی سنگین بود و یا گرانیروی زیادی داشت و تنها از آب برای رقیق کردن آن استفاده می‌شد. اگر گرانیروی گل کاهش می‌یافت یا از درون مخازن ذخیره به سیستم، گل جدید افزوده می‌شد و یا حفاری با همان گل رقیق ادامه پیدا می‌کرد، اگر وزن گل اندک بود، چاه فوران می‌کرد و اگر هرزروی گل زیاد بود یا اندود گل تشکیل و لوله‌های حفاری را گیر می‌انداخت و یا ریزش دیواره چاه باعث گیر کردن لوله‌ها می‌گشت، هیچ نوع مواد افزودنی موثری برای کنترل خواص فیزیکی گل وجود نداشت و هرگونه گل‌سازی برای تعدیل گل توسط آب بود.

۱۳ سال بعد از ظهور نخستین گل حفاری، لوکاس در سال ۱۹۰۱ در اسپیندل تاپ برای مباحثه در مورد سیالات حفاری و مطرح کردن آن بعنوان یک ضرورت در صنعت حفاری حضور پیدا کرد. این مسئله در سال ۱۹۱۴ بعد از تحقیقات وسیعی توسط پولارد و هگبورگ کشف گردید که از گل فوق‌العاده غلیظی برای حفاری توسط دکل‌های ضربه‌ای در ایالت اوکلاهما استفاده شد. آنها اظهار کردند که استفاده از آب و گل رس سنگین و غلیظ پدیده جدیدی در صنعت حفاری نیست و سال‌ها در حفاری



دورانی حضور داشته است و اولین چاه موفق که در منطقه بیومونت در ایالت تگزاس حفر گردید با استفاده از این گل حفاری شد، اما تا سال ۱۹۱۳ که چاه‌ها توسط دکل‌های ضربه‌ای و بصورت خشک و بدون استفاده از گل حفر می‌شد، رسماً مطرح نگردید.

ایراد کار پولارد و هگبورگ توسعه روشی برای بهبود کیفیت حفاری با روش ضربه‌ای و به منظور جلوگیری از ضایعات اضافی گاز که به هنگام حفاری چاه‌های گازی با روش ضربه‌ای ایجاد می‌شد، بود، زیرا در این روش، تنها مقدار کمی سیال بدون چاه فرستاده می‌شد. آنها توصیه کردند که برای جلوگیری از فوران، چاه را به منظور کنترل فشار هیدرواستاتیک، از گل خاک رسی غلیظ انباشته کنند. ترکیب و خواص سیالات خاک رسی توسط آنها عرضه و احتمالاً در آن زمان در روش حفاری دورانی نتایج مطلوبی ارائه دادند.

آنها سیال خاک رسی را مخلوطی از آب با هر نوع خاک رس که در آب به مدت زیادی معلق خواهد ماند، تعریف نمودند. خاک رس چسبناک و با دانه‌های ریز که گامبو نامیده می‌شد، برای ساخت گل بسیار مطلوب بود. استفاده از ماسه و بریده سنگ‌های خاک رسی برای ساخت گل، علیرغم مطلوب بودن ترکیبات رس چسبناک، نامطلوب تشخیص داده شد و نسبت خاک رس را حدود ۲۰٪ وزن آب توصیه کردند.

لوئیس و مک‌مورای در سال ۱۹۱۶ که در زمینه همین ایراد به فعالیت مشغول بودند، تعریف جامع‌تری را در مورد گل خاک رسی به صورت مخلوطی از آب با هر نوع خاک رس که در آب به مدت زیاد معلق باقی مانده و فاقد هر نوع ماسه و ذرات آهک و یا مواد مشابه باشد، ارائه نمودند. آنها توصیه کردند که گل باید دارای وزن مخصوصی بین ۱/۰۵ تا ۱/۱۵ (۸/۷۵ تا ۹/۵۸ پوند در گالن) باشد. بعدها کارگردان‌های دستگاه‌های حفاری متوجه شدند که سیالاتی به غلظت آب، اثرات زیانباری بر بعضی طبقات زمین دارند.

گل مطلوب به گلی گفته می‌شد که به اندازه کافی غلیظ باشد و بتواند منافذ طبقات و ماسه را طوری مسدود نماید که سیال نتواند به درون چاه نفوذ نماید، بدین معنا که توانایی انسداد منافذ ماسه، جلوگیری از ریزش دیواره چاه و کنترل فشارهای گاز را دارا باشد.



این اطلاعات مبسوط در مورد گِل، در حفاری دورانی و ضربه‌ای تا سال ۱۹۱۶ است. تاریخ جدید حفاری یعنی زمانی که تلاش برای کنترل خواص گِل با استفاده از مواد افزودنی انجام شد، از سال ۱۹۲۱ آغاز گردید.

استراود در سال ۱۹۲۱ در تلاش بود وسیله‌ای بیابد تا گِل را آنقدر سنگین نموده که با کنترل فشار، از فوران گاز جلوگیری نماید. چندین فوران شدید و آتش‌سوزی‌های مهلک به هنگام حفاری با گِل سبک و گاز اتفاق افتاده بود. استراود متوجه شد که نمونه‌های برگشتی گِل در مخازن در مناطق گازی وزنی در حدود ۱۰/۵ تا ۱۱ پوند در گالن داشته و بسیار چسبناک هستند و بحدی می‌رسیدند که قابل دیدن نبودند. این نوع گِل در اثر این اتفاقات فوران می‌کرد.

در آزمایشگاه کشف گردید که ذرات ریز اکسید آهن علاوه بر سنگین کردن وزن گِل (۱۵ تا ۱۸ پوند) براحتی قابل تلمبه شدن بودند. این مواد برای استفاده در صنعت توصیه شدند و مقدار زیادی از آن در منطقه گازی آرکاتراس جنوبی و لوئیزیانای شمالی بکار گرفته شد و نتایج خوبی هم داشت. استفاده از اکسید آهن به چند دلیل مورد اعتراض کارگردانان حفاری قرار گرفت که در بین این دلایل، ایجاد لکه بر پوست توسط این ماده جالب توجه بود. در سال ۱۹۲۲ با آزمایشات مختلف باریت مطلوب‌تر از اکسید آهن برای سنگین کردن گِل تشخیص داده شد. استراود در ضمن، این واقعیت که زیاد بودن اکسید آهن و سولفات باریم باعث ته‌نشینی و ایجاد اشکالاتی در کنترل گِل می‌شود را نیز بیان کرد.

بطور کلی می‌توان تاریخچه گِل حفاری را در ۶ مرحله خلاصه تشریح کرد:

- ۱۹۱۴ تا ۱۹۲۰: ارائه تعاریف مختلف برای گِل حفاری از طرف افراد مختلف ولی نه به آن صورت که در استفاده از گِل حفاری عمومیت پیدا کرده باشد.
- از سال ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰: شرکت‌های گِل حفاری شروع به کار کردند و هر کدام موادی را برای استفاده در گِل حفاری وارد بازار نمودند.
- از سال ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰: شرکت‌ها توانستند ابزارهای مختلفی را جهت انجام آزمایشات مختلف بر روی گِل حفاری ارائه نمایند.



- از سال ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۵: توسعه و پیشرفت ویژگی‌ها و ابزارهای سیستم گل حفاری مانند مخازن مدرن، آخورک گل، تفنگ‌های گل، دستگاه‌های جداکننده مواد جامد از گل و ...
- از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۷۰: پیدایش مهندسی گل، ایجاد کلاس‌های درسی برای افراد تحصیل کرده و فرمول‌ها یکی بعد از دیگری درباره گل عرضه شد.
- از سال ۱۹۷۰ به بعد: تغییرات و پیشرفت‌هایی که امروزه مشاهده می‌کنیم (در سیستم گل و خواص گل)

با توجه به پیشرفت‌های امروزه گل (سیال) حفاری به گاز، هوا، مایع یا مایع حاوی ذرات جامد اطلاق می‌شود که در سیستم حفاری (ضربه‌ای یا چرخشی) جریان دارد. در حقیقت گل حفاری ترکیبی از سیال، مواد جامد و افزونه‌ها می‌باشد و بنابراین سیالات حفاری ارتباط مستقیم با مشکلات حفاری دارند. اگر سیالات حفاری دارای خواص مورد نظر نباشند، نباید آنها را مورد استفاده قرار داد.

سیستم گل حفاری در عملیات حفاری با ترکیبات خاص خود یکی از مهم‌ترین قسمت‌های عملیات حفاری بوده و سهم بسزایی را می‌تواند ایفا کند. بدون داشتن سیستم گل حفاری، عملیات حفاری امکان‌پذیر نیست. کارکرد سیستم گل حفاری در موفقیت عملیات حفاری سهم بسزایی دارد چرا که می‌توان آنرا بعنوان مثالی مشابه دستگاه گردش خون در بدن انسان دانست که وظایف محوله به این سیستم در حفاری به همان مهمی وظایف سیستم گردش خون و خود خون در تداوم حیات انسان است.

## ۲-۱. کانی‌های سیلیکات

کانی‌های سیلیکات از ترکیب شدن سیلیسیم، اکسیژن و یک یا چند فلز به دست می‌آیند و به دو دسته سیلیکات‌های تیره (دارای آهن و منیزیم) و سیلیکات‌های روشن (بدون آهن و منیزیم) تقسیم می‌شوند. الیون، پیروکسن، آمفیبول، میکای سیاه، تورمالین، تالک، سرپانتین و آزبست نمونه‌هایی از دسته نخست و کوارتز، فلدسپات، میکای سفید و کائولینیت نمونه‌هایی از دسته دوم هستند. کوچک‌ترین واحد سازنده سیلیکات‌ها به شکل یک هرم چهار ضلعی است که سطوح آن را



مثلث‌های متساوی‌الاضلاع تشکیل می‌دهند. این بنیان‌های چهار وجهی سیلیکات، بار الکتریکی منفی دارند و باید یکدیگر را دفع کنند ولی در ساختمان بلورین کانی‌ها، این بنیان‌ها به وسیله یون‌های مثبتی چون آلومینیوم، آهن، منیزیم و ... طوری به یکدیگر پیوند داده شده‌اند که واحد سازنده بلوری در مجموع دارای بار خنثی است. یون‌های پیوند دهنده بنیان‌ها دارای اندازه و بار الکتریکی متفاوتند. بطور کلی یون‌های تقریباً هم اندازه می‌توانند جانشین یکدیگر شوند (آهن و منیزیم که شعاع یونی نزدیک به هم دارند با سدیم و کلسیم که جای یکدیگر را در ساختمان بلورین کانی اشغال می‌کنند) این وضع تغییر مهمی را در ساختمان کانی به وجود نمی‌آورد. جدای از دسته‌بندی کانی‌ها بر اساس رنگ و تیرگی یا روشنی آنها، کانی‌های سیلیکاتی بر اساس ساختار بلوریشان به ۶ زیرشاخه تقسیم می‌شوند.

◎ **سیلیکات‌های جزیره‌ای یا چهاروجهی‌های منفرد (Neso Silicates):** در این دسته از سیلیکات‌ها، چهار وجهی‌های  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  بصورت تکی و مستقل می‌باشند و از چهار وجهی‌های دیگر به وسیله یون‌های فلزی جدا می‌شوند. فرمول عمومی این سیلیکات‌ها  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  یا  $\text{M}_2\text{SiO}_4$  می‌باشد. کانی‌های الیون از این دسته محسوب می‌شوند. مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- گروه فناسیت شامل فناسیت، ویله‌میت
- گروه الیون
- گروه گارنت شامل پیروپ، آلماندین، اسپسارتیت، گروسولار، آندرانیت، یوواروویت، هیدروگروسولار
- گروه زیرکن شامل زیرکن، توریت
- گروه سیلیکات‌های آلومین  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  یا سیلیکات‌های دگرگونی شامل آندالوزیت، کیانیت، سیلیمانیت، دومورتیریت، زبرجد هندی، استورولیت
- گروه هومیت شامل نوربرژیت، کندرودیت، هیومیت، کلینوهیومیت، داتولیت، تیتانیت، کلریتوئید

◎ **سیلیکات‌های دوتایی یا چهار وجهی‌های مضاعف (Soro Silicates):** در این دسته از سیلیکات‌ها، چهاروجهی‌ها، با بنیان ۲ به ۲ به یکدیگر متصل شده‌اند. سیلیکات‌های دو تایی، ۶ ظرفیت



آزاد دارند که به وسیله یون‌های فلزی گرفته می‌شود؛ بنیان‌های آنها به شکل  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$  است و نسبت سیلیسیم به اکسیژن در آنها ۲ به ۷ است. از کانی‌های این گروه می‌توان به همیمورفیت، لاوسونیت، گروه اپیدوت (شامل هر دو گروه  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  و  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ ) و وزوویانیت اشاره کرد.

● **سیلیکات‌های حلقوی (Cyclo Silicates):** چهاروجهی‌های آنها به وسیله دو گوشه به یکدیگر متصل شده‌اند و زنجیرهای بسته‌ای بین خود تشکیل داده‌اند که شبیه حلقه است. در این گروه نسبت سیلیسیم به اکسیژن ۱ به ۳ است، فرمول سیلیکات‌های حلقوی با ۳ عضو (سیلیسیم) به شکل  $(\text{Si}_3\text{O}_9)^{6-}$ ، با ۴ عضو به شکل  $(\text{Si}_4\text{O}_{12})^{8-}$  و با ۶ عضو به شکل  $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$  است. از اعضای این گروه می‌توان به بنی‌تونیت (سه عضوی)، آکسینیت (چهار عضوی)، گوشنیت / زمرد، کوردیریت و تورمالین (شش عضوی) اشاره نمود.

● **سیلیکات‌های زنجیره‌ای (Ino Silicates):** چهاروجهی‌ها بصورت زنجیر باز یا روبان مانند پشت سر هم واقع شده‌اند که چهار وجهی بوسیله دو گوشه با چهار وجهی‌های قبل و بعد خود مربوط می‌گردد. فرمول عمومی آنها به شکل  $\text{SiO}_3$  با نسبت ۱ به ۳ است و اگر این زنجیر دوتایی (مضاعف) باشد به شکل  $\text{Si}_4\text{O}_{11}$  با نسبت ۴ به ۱۱ خواهد بود. سیلیکات‌های زنجیره‌ای به دو زیرشاخه سیلیکات‌های زنجیره‌ای ساده و سیلیکات‌های زنجیره‌ای مضاعف تقسیم می‌شوند. در سیلیکات‌های زنجیره‌ای ساده، چهار وجهی‌ها به صورت زنجیر ساده به دنبال هم قرار دارند. مثال عمده این گروه پیروکسن‌ها (انستاتیت، فروسیلیت، پیژونیت، دیوپسید، هیدنبرژیت، اوژیت، ژادیت، آکمیت، اسپودومن) و پیروکسنوئیدها (ولاستونیت، رودونیت، پکتولیت) می‌باشند. سیلیکات‌های زنجیره‌ای مضاعف به این معنی است که در این کانی‌ها دو رشته چهار وجهی‌ها بصورت زنجیره مضاعف پشت سرهم واقع شده‌اند و با پل‌های اکسیژن به یکدیگر وصل شده‌اند. مثال عمده این گروه آمفیبول‌ها (آنتوفیلیت، کومینگتونیت، گرونریت، ترمولیت، اکتینولیت، هورنبلند، گلوکوفان، ریبکیت، آرفودسونیت) می‌باشند.

● **سیلیکات‌های ورقه‌ای (Phyllo Silicates):** در این کانی، چهار وجهی‌های تشکیل‌دهنده، بصورت ورقه‌هایی در یک سطح قرار دارند و هر چهاروجهی بوسیله سه گوشه، به چهاروجهی مجاور



خود متصل شده است. فرمول کلی آن به صورت  $(Si_2O_5)$  یا نسبت ۲ به ۵ است. بلورهای تمام سیلیکات‌های ورقه‌ای به صورت پهن دیده می‌شود و همگی دارای رِخ (کلیواژ) هستند. معمولاً نرم و دارای وزن مخصوص تقریباً سبک و ضعیفی می‌باشند. ترکیب شیمیایی ناپایداری دارند و معمولاً جانشینی کاتیون‌ها به جای یکدیگر در آنها یک پدیده معمولی است.

● **خانواده سرپانتین:** سرپانتین‌ها، سیلیکات‌های ورقه‌ای آبداری‌اند که از کانی‌های منزیم‌دار تشکیل شده‌اند. گاهی هم در آنها آهن جانشین منزیم می‌شود. این کانی‌ها تشکیل پلی‌مورفی را می‌دهند که مهم‌ترین آنها عبارتند از: آنتی‌گوریت و کریزوتیل. گاهی در این کانی‌ها بجای قسمتی از یون Mg یون Fe جانشین می‌شود. فرق سرپانتین‌ها با کلریت‌ها در این است که در ترکیب سرپانتین‌ها آلومینیم شرکت ندارد. کریزوتیل یکی از کانی‌هایی است که تبدیل به آزبست (پنبه کوهی) می‌شود. هر دو کانی در ساختار تک شیب متبلور می‌شوند، ولی ساختار بلوری آنتی‌گوریت، تک‌شیب شبیه شش گوشه و در کریزوتیل شبیه راست لوزی است. سه مثال برتر سیلیکات‌های ورقه‌ای شامل آنتی‌گوریت، کریزوتیل و لیزاردیت می‌باشند.

● **خانواده کانی‌های رسی:** شامل کائولینیت، هلوپزیت، ایلیت، مونتموریلونیت، ورمیکولیت، تالک، پال‌گورسکیت، پیروفیلیت

● **خانواده میکا:** شامل بیوتیت، موسکویت، فلوگوپیت، لپیدولیت، مارگاریت، گلوکونیت

### خانواده کلریت

◎ **سیلیکات‌های داربستی یا سیلیکات‌های شبکه‌ای (Tecto Silicates):** در این کانی‌ها چهار وجهی‌های  $(SiO_4)$  بوسیله هر چهار گوش به چهار وجهی‌های مجاور خود متصل شده است. در نتیجه ساختمان سه بعدی دارند. بعضی چهار وجهی‌ها در سه امتداد فضایی به یکدیگر متصل می‌باشند. بنابراین هر اتم اکسیژن به دو چهار وجهی مجاور تعلق دارد. کانی‌های مهم این گروه عبارتند از:

● **خانواده کوارتز:** شامل کوارتز، تری‌دیمیت، کریستوبالیت

● **خانواده فلدسپار:** شامل فلدسپارهای آلکالی (قلیایی) و فلدسپارهای پتاسیم (میکروکلین،

سانیدین، اورتو کلاز، انورتو کلاز)





- **خانواده پلاژیوکلاز:** شامل آلبيت، آندزین، لابرادوریت، باتونیت، آنورتیت
- **خانواده فلدسپاتوئید:** شامل نوزان، کانکرنیت، لوسیت، نفلین، سودالیت، هائونین، لازوریت
- **خانواده زئولیت:** شامل ناترولیت، شابازیت، هولاندیت، استیلیت
- **خانواده اسکاپولیت:** شامل ماریالیت، میونیت، آنالیسم، پتالیت

### ۳-۱. رس

رس یک اصطلاح سنگ‌شناسی است و به مواد خاکی دانه‌ریزی که به هنگام مخلوط شدن با آب حالت خمیری به خود می‌گیرند اطلاق می‌گردد. رس‌ها معمولاً از سیلیکات‌های آبدار آلومینیوم ساخته شده و دارای ساختمان بلورین می‌باشند. رس (سنگ رس) معمولاً مخلوطی از چند نوع کانی مانند فلدسپات، کوارتز، کربنات‌ها و میکا است. البته ممکن است تنها از یک نوع کانی ساخته شده باشد. اندازه ذرات رس در حد میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. این ماده طبیعی و صنعتی در تمام نقاط جهان یافت می‌شود و کاربردهای بسیار فراوان و متنوعی در صنعت دارد که می‌توان به استفاده در ساخت آجر معمولی، آجر سنگ فرش، سفال‌ها و ... اشاره نمود. سنگ‌های دانه‌ریز عمدتاً از رس و سیلت تشکیل شده‌اند. اگر سیلت و رس به نسبت مساوی با هم ترکیب شوند گل سنگ را ایجاد می‌نمایند و هر گاه آهک و رس با هم در سنگ وجود داشته باشند به آن مارن گفته می‌شود. یکی از انواع سنگ‌های ساخته شده از رس شیل‌ها می‌باشند که دارای لایه‌بندی ظریف بوده و در امتداد آنها می‌توان لایه‌های سنگ را جدا نمود. همچنین می‌توان از آرژیلیت‌ها که تا حدی دگرگون شده و خیلی سخت می‌باشند نام برد. سنگ‌های رسی در محیط‌های آرام دریا رسوب می‌نمایند و هرگاه دارای مواد آلی باشند به رنگ‌های تیره دیده می‌شوند. این سنگ‌ها از نظر زمین‌شناسی نفت بسیار حائز اهمیتند. زیرا به عنوان سنگ مادر نفت مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند.

از نظر ساختمانی کانی‌های رسی به دو گروه دارای ساختمان دولایه‌ای (گروه کاندیت) و سه لایه‌ای (گروه اسمکتیت) تقسیم می‌شوند. در گروه کاندیت یا کائولینیت، تناوب ورقه‌های چهار وجهی و هشت وجهی وجود دارد و یک ورقه سیلیس هشت وجهی توسط یون‌های مشترک  $H^+$  به آلومینیوم چهار وجهی متصل شده است. اگر بین آنها آب وجود نداشته باشد کائولینیت و اگر آب وجود داشته