

دانشگاه تهران  
دانشکده فنی

016819

گروه مهندسی شیمی  
پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

اسیدکاری ماتریسی سازندهای کربناته  
سازند آسماری - اهواز

وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی  
سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
جمهوری اسلامی ایران

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر ولی احمد سجادیان

۱۳۸۰ / ۱۲ / ۲۸

استاد مشاور:

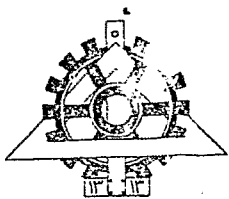
دکتر محمد جواد نبوی زاده

تهیه کننده:

مهرزاد باور سادزاده

زمستان ۱۳۸۰

۴۰۱۵۷



# فرم ارزیابی پایانی نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی

گروه مهندسی شیمی



در چارچوب ارزیابی مرحله تحقیقاتی مقطع کارشناسی ارشد دانشجویان دانشکده فنی دانشگاه تهران  
 آقای / خانم: **مهرزاد باورساززاده** بشماره دانشجویی: **۸۱۰۴۷۸۰۴۲** در رشته مهندسی شیمی  
 گرایش: **مخازن - سروکربوری** پایان نامه خود به ارزش: **۹ واحد** را که در نیمسال اول / دوم سال تحصیلی **۷۹-۸۰-۲**  
 اخذ و ثبت نام نموده بود، تحت عنوان: **اسید کاری در مخازن کربناته شکافدار سازند آسماری - اهواز**  
 به سرپرستی (استاد راهنما): **دکتر سجادیان** استاد مشاور: **دکتر نبوی زاده** استاد ناظر: -----  
 در تاریخ: **۸۰/۱۱/۳۰** در مقابل هیات داوران به شرح ذیل با (موفقیت / عدم موفقیت / اصلاحاتی) دفاع نمود.

امضاء

- اسامی هیات داوران (حداقل ۳ نفر)
- ۱- دکتر نبوی زاده
  - ۲- دکتر سجادیان
  - ۳- دکتر میثمی
  - ۴- دکتر علیزاده
- ارزیابی هیئت داوران

<input type="checkbox"/>	(۱۲-۱۵)	۴- قابل قبول	<input type="checkbox"/>	(۱۹-۲۰)	۱- عالی
<input type="checkbox"/>	(کمتر از ۱۲)	۵- غیر قابل قبول	<input checked="" type="checkbox"/>	۱۸/۵ (۱۷-۱۹)	۲- بسیار خوب
			<input type="checkbox"/>	(۱۵-۱۷)	۳- خوب

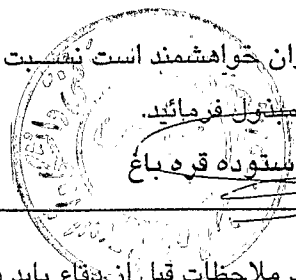
ارزانی و استهلاک در این فرم  
 ممنوع است

## ملاحظات:

تذکر: نیازی به درج نمره جداگانه هریک از داوران نبوده و فقط نمره مورد توافق هیات داوران (متوسط) اعلام می شود.

## سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده

با سلام، نظر به اعلام نمره نهایی فوق الذکر از جانب هیات داوران خواهشمند است نسبت به انجام امور فراغت از تحصیل دانشجوی یاد شده برابر ضوابط و مقررات اقدام مقتضی مبذول فرمائید.  
 سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه شیمی: **رحمت بنوده قره باغ**  
 امضاء و تاریخ:



توجه مهم: کلیه نوشته ها به استثناء نمره هیات داوران و مطالب بند ملاحظات قبل از دفاع باید با ماشین تایپ گردد. در صورت لزوم تایپ مطالب این برگ در دفتر تحصیلات تکمیلی امکان پذیر خواهد بود.  
 تذکر: این فرم به دفتر تحصیلات تکمیلی ارسال و تصویر آن در گروه مهندسی شیمی نگهداری می شود.

تقديم به؛

ستاره زندگيم، همسرم

## **تقدیر و تشکر**

**این پروژه مرهون حسن نظر و راهنمایی استاد**

**گرامی، آقای دکتر ولی احمد سجادیان می باشد.**

**بر خود لازم می دانم کمال تشکر را از ایشان**

**داشته باشم.**

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : جلوگیری از آسیب سازند
۱	مقدمه
۶	۱-۱ جلوگیری از آسیب سازند
۸	۱-۲ تعریف آسیب سازند
۱۰	۱-۳ تأثیر آسیب سازند بر بهره‌دهی چاه
۱۱	۱-۴ مفاهیم مهندسی خواص سازند
۱۱	۱-۴-۱ تداخل
۱۲	۱-۴-۲ نفوذپذیری
۱۲	۱-۴-۳ نفت / آب تر
۱۳	۱-۴-۴ نفوذپذیری نسبی
۱۳	۱-۴-۵ اشباع
۱۴	۱-۴-۶ قانون دارسی
۱۵	۱-۵ آسیب سازند در هنگام حفاری
۱۶	۱-۵-۱ هجوم ذرات گل
۱۸	۱-۵-۱-۱ اندازه‌های روزانه‌ای سازند
۱۸	۱-۵-۱-۲ سرعت تشکیل اندود صافی
۱۸	۱-۵-۱-۳ توزیع اندازه جامدات
۱۹	۱-۵-۲ هجوم تراویده گل
۲۳	۱-۵-۳ کاهش آسیب سازند در هنگام حفاری
۲۴	۱-۶ آسیب سازند بوسیله سیمان
۲۵	۱-۶-۱ تأثیر تراویده سیمان

عنوان	صفحه
۱-۶-۲) تأثیر جداکننده‌ها و پیش‌شوینده‌ها	۲۷
۱-۶-۳) تأثیر سیمانکاری ضعیف	۲۹
۱-۷) آسیب سازند حاصل از مشبک‌کاری	۳۰
۱-۷-۱) سیالات مشبک‌کاری	۳۲
۱-۷-۲) خرده‌های مربوط به مشبک‌کاری	۳۳
۱-۷-۳) منطقه خردشده یا فشرده شده به وسیله مشبک‌کاری	۳۴
۱-۷-۴) عمق نفوذ مشبک‌کاری	۳۴
۱-۷-۵) قطر مشبک‌کاری	۳۵
۱-۷-۶) تعداد سوراخها در هر فوت	۳۵
۱-۸) نتایج	۳۵

### فصل دوم: اسیدکاری ماتریسی

۲-۱) اسیدکاری ماتریسی	۳۹
۲-۲) اسیدکاری سازندهای کربناته	۴۰
۲-۳) مشخصات سنگ و آسیب در سازندهای کربناته	۴۱
۲-۳-۱) مشخصات سنگ	۴۱
۲-۳-۲) مشخصات آسیب	۴۳
۲-۴) اسیدکاری کربناته با اسیدکلریدریک	۴۴
۲-۴-۱) مقدمه	۴۴
۲-۴-۲) واکنش دهندگی مواد معدنی کربناته با اسیدکلریدریک	۴۴
۲-۴-۳) فیزیک اسید کاری	۴۶
۲-۴-۴) کاربرد در طراحی	۵۳

صفحه	عنوان
۵۶	(۲-۵) فرمولاسیون‌های دیگر.....
۵۶	(۲-۵-۱) اسیدهای آلی.....
۵۹	(۲-۵-۲) اسیدهای ژل شده.....
۶۱	(۲-۵-۳) امولسیون‌ها.....
۶۳	(۲-۵-۴) میکروامولسیون‌ها.....
۶۴	(۲-۵-۵) درمان‌های مخصوص.....
۶۵	(۲-۵-۶) اسید خود منحرف‌کننده.....
۶۶	(۲-۶) عوامل مؤثر بر اسیدکاری.....
۷۳	(۲-۷) طراحی درمان.....
۷۳	(۲-۷-۱) انتخاب کاندید مناسب.....
۷۴	(۲-۷-۲) برنامه پمپ‌کردن.....
۷۶	(۲-۷-۳) افزایش‌ها.....
۷۷	(۲-۷-۴) جایگزینی.....
۷۷	(۲-۸) نتایج.....

فصل سوم: اسیدهای عملیاتی و افزایش‌های سیالات اسیدکاری

۸۰	(۳-۱) اسیدهای عملیاتی.....
۸۰	(۳-۱-۱) اسیدهای معدنی.....
۸۰	(۳-۱-۱-۱) اسیدکلریدریک (HCL).....
۸۱	(۳-۱-۱-۲) اسید فلوریدریک (HF).....
۸۲	(۳-۱-۲) اسیدهای آلی.....
۸۲	(۳-۱-۲-۱) اسید استیک.....



صفحه	عنوان
۸۲	۳-۱-۲-۲) اسید فرمیک (HCOOH).....
۸۳	۳-۱-۳) اسیدهای پودر شده و یا کریستالی.....
۸۳	۳-۱-۴) هیبرید اسیدها.....
۸۴	۳-۲) افزایش‌های سیالات اسیدکاری.....
۸۴	۳-۲-۱) مقدمه.....
۸۶	۳-۲-۲) بازدارنده‌های خوردگی.....
۸۶	۳-۲-۲-۱) خوردگی فلزات.....
۸۷	۳-۲-۲-۲) خوردگی اسیدی فولاد.....
۸۸	۳-۲-۲-۳) انواع آبله‌ای خوردگی اسید.....
۸۹	۳-۲-۲-۴) شکنندگی هیدروژنی.....
۹۰	۳-۲-۲-۵) خوردگی انواع مختلف اسیدها.....
۹۰	۳-۲-۲-۶) انواع بازدارنده‌ها.....
۹۳	۳-۲-۲-۷) سازگاری با دیگر افزایش‌ها.....
۹۳	۳-۲-۲-۸) ارزیابی آزمایشگاهی بازدارنده‌ها.....
۹۵	۳-۲-۳) مواد فعال سطحی.....
۹۷	۳-۲-۳-۱) مواد فعال سطحی آنیونی.....
۹۸	۳-۲-۳-۲) مواد فعال سطحی کاتیونی.....
۹۹	۳-۲-۳-۳) مواد فعال سطحی غیر یونی.....
۱۰۰	۳-۲-۳-۴) مواد فعال سطحی آمفوتری.....
۱۰۰	۳-۲-۳-۵) مواد فعال سطحی فلوروکربنی.....
۱۰۱	۳-۲-۳-۶) خواص تحت تأثیر قرار گرفته با مواد فعال سطحی.....
۱۰۷	۳-۲-۳-۷) کاربردها و انواع مواد فعال سطحی.....

صفحه	عنوان
۱۱۲	۳-۲-۵) حلالهای دوجانبه
۱۱۳	۳-۶) افزایشهای کنترل آهن
۱۱۳	۳-۲-۶-۱) منابع آهن
۱۱۴	۳-۲-۶-۲) روشهای کنترل آهن
۱۱۸	۳-۲-۷) الکلها
۱۲۲	۳-۲-۸) مشکل رایج در اسیدکاری با اسید فلوریدریک، رسوب محصولات واکنش است
۱۲۳	۳-۲-۹) پراکنده سازهای آلی
۱۲۳	۳-۲-۱۰) حلالهای آلی
۱۲۴	۳-۲-۱۱) انحراف دهنده
۱۲۵	۳-۲-۱۲) سازگاری افزایشها

#### فصل چهارم: آزمایشات و نتایج

۱۲۷	۴-۱) مقدمه
۱۲۷	۴-۲) مراحل انجام آزمایشات
۱۲۹	۴-۲-۱-۱) نحوه اندازه گیری تخلخل
۱۳۱	۴-۲-۱-۲) نحوه اندازه گیری تراوایی
۱۳۲	۴-۲-۱-۳) نحوه اندازه گیری توزیع خلل و فرج در نمونه سنگ مخزن
۱۳۳	۴-۲-۲) نحوه تماس نمونه با اسید
۱۳۴	نتایج
۱۶۳	پیشنهادات
۱۶۴	منابع و مراجع

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳۹	شکل ۱-۲ الف. درمان به شیوه اسیدکاری - ماتریسی - نحوه تمیزشدن روزنه‌ها.....
۳۹	شکل ۱-۲ ب. درمان به شیوه اسیدکاری ماتریسی - نحوه تماس اسید و سازند.....
۴۸	شکل ۲-۲. الگوی حل مشاهده شده با مدل شبکه‌ای.....
۵۲	شکل ۲-۳. طرح الگوی سوراخ کرمی در هندسه شعاعی.....
۵۴	شکل ۲-۴. حجم اسید مورد نیاز برای افزایش ۱۰ درصدی تخلخل.....
۶۵	شکل ۲-۵. تأثیر اسید خود منحرف‌کننده (SDA) بر جابجایی سیال.....
۶۸	شکل ۲-۶. سرعت‌های نسبی واکنش اسیدکلریدریک ۱۵٪ با سازندهای سنگ آهکی در $۱۷۵^{\circ}\text{F}$ .....
۶۹	شکل ۲-۷. سرعت‌های نسبی واکنش اسیدکلریدریک ۱۵٪ با سازندهای سنگ آهکی در $۱۴۰^{\circ}\text{F}$ .....
۷۰	شکل ۲-۸. سرعت‌های نسبی واکنش اسیدکلریدریک ۱۵٪ با سازندهای دوپومیتی در $۱۷۵^{\circ}\text{F}$ .....
۷۱	شکل ۲-۹. سرعت‌های نسبی واکنش اسیدکلریدریک ۱۵٪ با سازندهای دوپومیتی در $۱۴۰^{\circ}\text{F}$ .....
۸۶	شکل ۳-۱. یک سطح فلزی مرکب از مکانهای آندی و کاتدی.....
۹۰	شکل ۳-۲. کاهش نرمی با افزایش محتوای هیدروژنی و قدرت کششی.....
۹۶	شکل ۳-۳. ترکیب سطحی دوپلی.....
۹۹	شکل ۳-۴. انواع مختلف مواد فعال سطحی کاتیونی.....
۱۰۲	شکل ۳-۵. نیروهای بین سطحی برای دو مایع.....
۱۰۳	شکل ۳-۶. نیروهای کشش سطحی بین یک مایع و یک گاز.....
۱۰۵	شکل ۳-۷. خصوصیات ترشوندگی اجزای سیلیکاتی.....
۱۰۶	شکل ۳-۸. مثالهایی از مواد فعال سطحی Micelle.....
۱۲۲	شکل ۳-۹. تأثیر غظت‌های متفاوت از متانول بر روی قدرت اسیدی با افزایش دما.....
۱۲۸	شکل ۴-۱. نمونه سنگ قبل و بعد از اسیدکاری.....
۱۲۹	شکل ۴-۲. دستگاه شستشوی نمونه.....

عنوان	صفحه
شکل ۴-۳. دستگاه خشک‌کننده (آون).....	۱۳۰
شکل ۴-۴. دستگاه خلاء (دیسکاتور).....	۱۳۰
شکل ۴-۵. دستگاه اندازه‌گیری تراوایی.....	۱۳۱
شکل ۴-۶. دستگاه اندازه‌گیری توزیع خلل و فرج.....	۱۳۲
شکل ۴-۷-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۳۸
شکل ۴-۷-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۳۸
شکل ۴-۸-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۳۹
شکل ۴-۸-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۳۹
شکل ۴-۹-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۴۰
شکل ۴-۹-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۱).....	۱۴۰
شکل ۴-۱۰-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۱
شکل ۴-۱۰-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۱
شکل ۴-۱۱-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۲
شکل ۴-۱۱-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۲
شکل ۴-۱۲-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۳
شکل ۴-۱۲-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۲).....	۱۴۳
شکل ۴-۱۳-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۴
شکل ۴-۱۳-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۴
شکل ۴-۱۴-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۵
شکل ۴-۱۴-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۵
شکل ۴-۱۵-a. تغییرات تخلخل بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۶
شکل ۴-۱۵-b. تغییرات تراوایی بر حسب زمان (نمونه شماره ۳).....	۱۴۶

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱۶-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۱) ۱۴۷ ...	
شکل ۴-۱۶-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۱) ۱۴۷ ...	
شکل ۴-۱۷-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۱) ۱۴۸ ...	
شکل ۴-۱۷-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۱) ۱۴۸ ...	
شکل ۴-۱۸-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۲) ۱۴۹ ...	
شکل ۴-۱۸-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۲) ۱۴۹ ...	
شکل ۴-۱۹-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۲) ۱۵۰ ...	
شکل ۴-۱۹-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۲) ۱۵۰ ...	
شکل ۴-۲۰-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۳) ۱۵۱ ...	
شکل ۴-۲۰-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۳) ۱۵۱ ...	
شکل ۴-۲۱-a. تغییرات تخلخل بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۳) ۱۵۲ ...	
شکل ۴-۲۱-b. تغییرات تراوانی بر حسب درجه غلظت اسید (نمونه شماره ۳) ۱۵۲ ...	
شکل ۴-۲۲. توزیع آماری خلل و فرج در نمونه سنگ شماره ۱ ۱۵۳ .....	
شکل ۴-۲۳. توزیع آماری خلل و فرج در نمونه سنگ شماره ۲ ۱۵۴ .....	
شکل ۴-۲۴. توزیع آماری خلل و فرج در نمونه سنگ شماره ۳ ۱۵۵ .....	

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴۵	جدول ۲-۱. مقادیر محصولات جانبی تولید شده در واکنش اسیدکریدریک ۱۵٪ و سنگ آهک
۵۰	جدول ۲-۲. نتایج اسیدکاری برای مغزه‌های سنگ آهکی ایندیانا
۵۱	جدول ۲-۳. ثابتهای نفوذپذیری موثر ( $m^2/s$ ) برای اسید استیک ۵N در دماهای مختلف
۵۴	جدول ۲-۴. دبی‌های بحرانی ( $bbl/min/10\ ft$ ) برای رژیم‌های محدودشده انتقالی
۵۵	جدول ۲-۵. شعاعهای شبیه‌سازی برای مقادیر مختلف اثر پوسته
۵۶	جدول ۲-۶. زمانهای حفاظتی ماکزیمم برای سینه‌های مختلف در دماهای مختلف
۵۸	جدول ۲-۷. مقادیر کلسیت و دولومیت حل شده بر واحد حجم اسید
۷۲	جدول ۲-۸. مقایسه اسیدهای مورد استفاده در سیدکاری سنگ آهک
۷۳	جدول ۲-۹. درصد اسید مصرفی بعد از رسیدن به تعادل شیمیایی
۸۵	جدول ۳-۱. نقاط بار صفر برای تعدادی از مواد نمونه در مخزن
۸۸	جدول ۳-۲. محدوده‌های خوردگی برای آلیاژ پائین فولاد
۹۳	جدول ۳-۳. کارآمدی بازدارنده‌های خوردگی در دماهای بالا در اسیدکریدریک ۱۵ درصد
۱۰۲	جدول ۳-۴. کشش سطحی تعدادی از مایعات
۱۱۴	جدول ۳-۵. حالت اکسیدشوندگی آهن موجود در مواد معدنی سازند
۱۱۸	جدول ۳-۷. خواص فیزیکی و شیمیایی ایزوپروپانول و متانول

## مقدمه

سنگ مخزن نفت و گاز و اصولاً هر سنگی، از مجموعه ذراتی تشکیل شده است که در اثر نیروهای مختلف به یکدیگر چسبیده‌اند. این ذرات به دلیل شکل و اندازه‌ای که دارند، نمی‌توانند بطور کامل به یکدیگر بچسبند و همین مسأله باعث ایجاد تخلخل می‌شود. خلل و فرج هر قدر هم که کوچک باشند، هیچوقت خالی نیستند و با سیالاتی مانند آب، نفت و یا گاز پر شده‌اند. اگر سیال موجود در سنگ مخزن بخواهد جریان پیدا کند، لازم است که این سوراخهای ریز به نحوی بهم مرتبط باشند یا به عبارت دیگر نفوذپذیری داشته باشند. هر قدر نفوذپذیری بیشتر باشد، عبور سیال از میان خلل و فرج‌ها ساده‌تر و سریعتر صورت خواهد گرفت.

حفر چاه و تولید نفت از طریق چاه، تنها راه ممکن برای رساندن نفت داخل مخزن نفتی به سطح زمین می‌باشد. ز آنجکه در مراحل مختلف حفاری، آسیب‌هایی به سازند وارد می‌شود و نفوذپذیری سنگ مخزن را کم می‌کند. باید برای افزایش نفوذپذیری و به عبارت دیگر تولید بیشتر، به درمان پردازیم. یکی از شیوه‌های مؤثر در رسیدن به این هدف، اسیدکاری است. سه سیستم اسیدکاری متداول وجود دارد که بطور مختصر به قرار زیر می‌باشند.

الف) شستشوی اسیدی<sup>(۱)</sup>

اصولاً هدف استفاده از این سیستم، افزایش نفوذپذیری سنگ مخزن نیست و فقط به منظور تمیز کردن مجرای ورود سیال از سنگ مخزن به داخل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این سیستم اسیدکاری، به منظور شستشوی مواد اندود شده بر روی سنگ مخزن در محل تماس با چاه (اندودگل) استفاده می‌کنیم. البته شرط لازم در اینجا، قابل حل بودن اندود مورد نظر در اسید است. همچنین از این روش می‌توانیم برای تمیز کردن شبکه‌ها، بعد از عمل مشبک‌کاری استفاده کنیم. بعد از قرار گرفتن اسید در کنار شبکه‌ها، آن