





شبیه سازی CFD راکتور بستر ثابت هیدروکراکینگ واحد آیزوماکس

دانشجو:

محمد رضا بندری

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر شاهرخ شاه حسینی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی گرایش طراحی شبیه سازی و کنترل فرایندها

۱۳۸۶

تشکر و قدردانی:

با تشکر فراوان از جناب آقای دکتر شاهرخ شاه حسینی که انجام این پروژه بدون راهنماییهای

ارزنده ایشان ممکن نبود و در انجام این پروژه بنده را راهنمایی فرمودند.

E_s : انرژی کل محیط جامد	r : دانسیته
g : تخلخل محیط	S_m : ترم منبع
k_{eff} : هدایت موثر محیط	t_{ij} : تنش لزجیتی
S_f^h : انتالپی سیال بصورت ترم چشمه	m : ویسکوزیته
k_f : ضریب هدایت سیال	U : مولفه سرعت در جهت x
k_s : ضریب هدایت جامد	V : مولفه سرعت در جهت y
F_a : نیروی درگ	W : مولفه سرعت در جهت z
k : نفوذ پذیری	e_{ij} : مولفه سرعت تغییر شکل
Re : رینولدز	K : انرژی سینتیکی متوسط جریان
Ga : عدد گالیلیو	e : سرعت اتلاف
A و B : ضرائب معادله ارگان	s : کشش سطحی
d_e : قطر ذره	G_k : تولید انرژی جنبشی درهم
d : ترم اشباع کاهش یافته	G_b : تهیه و ساخت انرژی جنبشی درهم
e_l^o : ماندگی استاتیک مایع	P_{rt} : عدد پرائتل درهم
e_l : ماندگی مایع	b : ضریب انبساط حرارتی
E_o^* : عدد اتوود	a : نفوذ پذیری
D_p : قطر متوسط ذرات	C_2 : ضریب مقاومت اینرسی
E_f : انرژی کل سیال	e : کسر حجمی متوسط

چکیده:

هدف از انجام این پروژه شبیه سازی پدیده های انتقال مومنتوم و حرارت در راکتور بستر قطره‌ای هیدروکراکینگ واحد آیزوماکس به قطر 3,6 متر و ارتفاع 17,4 متر می‌باشد. برای اعمال نیروی درگ و فعل و انفعال ناشی از حضور فازهای مایع، جامد و گاز بطور همزمان در بسترهای موجود در این راکتور از راهکار و مفهوم محیط متخلخل برای حضور فاز جامد استفاده شده است و همچنین برای اعمال فازهای مایع و گاز بطور همزمان و نیز تاثیر یک فاز بر روی توانایی جریان داشتن فاز دیگر از مفهوم نفوذپذیری نسبی استفاده شده است. در ادامه و با در نظر گرفتن تغییرات خواص فیزیکی برشهای نفتی با دما به ویژه ویسکوزیته، تغییرات آن با دما در نظر گرفته شد و با استفاده از آن، پدیده‌های هیدرودینامیکی و حرارتی در راکتور مذکور با در نظر گرفتن ابعاد واقعی راکتور به کمک نرم افزار 6.3 Fluent شبیه سازی شده است. رابطه درگ و نیز تغییرات ویسکوزیته با استفاده از کد UDF در نرم افزار تعریف شد. نتایج حاصل از این شبیه سازی که بیان کننده مشکلات عملیاتی راکتور صنعتی از قبیل نقطه داغ، محدودیت دبی ورودی، عدم توزیع شعاعی دما و ایجاد حالت کانالیزه جریان است، با آنچه در واحد پالایشگاهی و در واقعیت وجود دارد، مطابقت دارد بطوریکه در یکی از بسترهای کاتالیستی به دلیل دمای بالای حاصل از واکنش نقاط داغ زیادی ایجاد می‌گردد و دما به حدود 1080 درجه کلوین می‌رسد که به مرور باعث غیر فعال شدن کاتالیستها می‌گردد. همچنین طبق داده‌های صنعتی در این راکتور قبل از غیر فعال شدن کاتالیستها در حدود 4,1 بار افت فشار روی می‌دهد که نتایج حاصل از شبیه سازی در این حالت نیز با داده‌های صنعتی مطابقت دارد و خطا در حدود 2% است که احتمالاً به دلیل در نظر نگرفتن تشکیل کک در مدل است. همچنین مقدار عددی دمای ورودی و خروجی از راکتور که با CFD محاسبه شد با داده های پالایشگاهی برابر است و در چند دهم با هم اختلاف دارند. از طرفی توزیع مناسب جریان در بسترهای کاتالیستی دیده نمی‌شود و حالت کانالیزه جریان وجود دارد. از اینرو برای رفع این مشکلات راهکارهایی ارائه و تاثیر آن نیز بررسی شده است. نتایج حاصل از این راهکارها نشان می‌دهد که دمای بستر به خوبی کنترل شده و توزیع دمایی مناسبی در بستر ایجاد می‌گردد. از طرفی حالت کانالیزه شدن جریان هم بخوبی کنترل شده و توزیع جریان در بسترهای کاتالیستی بهبود پیدا کرد.

واژه های کلیدی: هیدروکراکینگ، آیزوماکس، دینامیک سیالات محاسباتی، نفوذپذیری نسبی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل اول: مقدمه
1	1-1 مقدمه
5	فصل دوم کراکینگ
5	1-2 کراکینگ
5	2-2 روشهای بهبود کیفیت سوخت
6	1-2-2 فرایند انتقال کربن
6	2-2-2 فرایند بهبود کیفیت با انتقال هیدروژن
8	3-2 فرایند هیدروکراکینگ
12	1-3-2 واکنشها
14	2-3-2 سینتیک و مکانیسم
15	3-3-2 کاتالیزور
16	4-3-2 شرح عملیات
16	1-4-3-2 هیدروکراکینگ با بستر ثابت کاتالیزوری
18	2-4-3-2 هیدروکراکینگ دو مرحله‌ای
19	5-3-2 خوراک هیدروکراکینگ
20	6-3-2 فراورده‌ها
21	7-3-2 مصرف هیدروژن

21	8-3-2 متغیرهای عملیاتی
23	9-3-2 بازده
23	4-2 هیدروپروسسینگ
25	5-2 فرایند آیزوماکس
27	فصل سوم: CFD و کاربرد آن در شبیه سازی
27	1-3 تاریخچه دینامیک سیالات محاسباتی
27	2-3 CFD چیست؟
34	3-3 تئوری
34	4-3 توپولوژی مش
35	5-3 اصول حاکم بر جریان سیال
36	1-5-3 معادلات حاکم بر جریان
36	1-1-5-3 بقای جرم در سه بعد
38	2-1-5-3 معادلات اندازه حرکت در سه بعد
40	3-1-5-3 مدل اغتشاش
42	1-3-1-5-3 معادلات رینولدز
46	2-3-1-5-3 لزوم مدلسازی اغتشاش
47	3-3-1-5-3 مدل‌های اغتشاش
48	1-3-3-1-5-3 مدل k, ϵ

57	3-5-1-3-3-2 مدل طول اختلاط
60	3-5-2 مدل سازی محیط متخلخل
60	3-5-2-1 معادلات مومنتوم برای محیط متخلخل
61	3-5-2-2 تعیین ضریب نفوذپذیری و مقاومت اینرسی
62	3-6 معادلات انرژی
63	3-6-1 معادله انرژی در محیط متخلخل
64	3-7 شبیه سازی بسترهای ثابت
66	3-7-1 مشکلات ابتدایی در شبیه سازی بسترهای ثابت
68	3-7-2 روشها و تکنیکهای شبیه سازی
70	3-8 راه حل های عددی
73	فصل چهارم شبیه سازی CFD راکتور واحد آیزوماکس
73	4-1 توضیح در مورد هندسه راکتور و نحوه مش زدن
82	4-2 نفوذپذیری نسبی
86	فصل پنجم نتایج حاصل از شبیه سازی
86	5-1 نتایج شبیه سازی سینتیکی فرایند هیدروکراکینگ
103	5-2 بررسی تغییرات دمایی در راکتور
107	5-3 بررسی تغییرات فشاری در راکتور
109	5-4 بررسی کسر حجمی نفت در راکتور
115	فصل ششم راهکارهایی برای بهبود عملکرد راکتور صنعتی

115	1-6 مقدمه
116	2-6 هندسه سه بعدی راکتور و نحوه مش زدن در حالت جدید
120	3-6 بررسی تغییرات دمایی در راکتور در حالت جدید
123	4-6 بررسی کسر حجمی نفت در راکتور در حالت جدید
128	5-6 بررسی تغییرات فشار در حالت جدید
131	فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات
131	1-7 نتیجه گیری
133	2-7 پیشنهادات
135	پیوستها
143	منابع و مراجع

فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۱۷	شکل 2-1: نمودار یک واحد هیدروکراکینگ یک مرحله ای
18	شکل 2-2: نمودار نوعی فرایند هیدروکراکینگ با یک مدار بازگردان
19	شکل 2-3: واحد هیدروکراکینگ دو مرحله ای
24	شکل 2-4: واحد هیدروکراکینگ اکسون
36	شکل 3-1: المان سیال در نظر گرفته شده برای برقراری موازنه
75	شکل 4-1: نمایی کلی از راکتور
76	شکل 4-2: نمایی از قسمت فوقانی بستر
77	شکل 4-3: نمایی از قسمت تحتانی بستر
78	شکل 4-4: نمایی از قسمت مش زده شده فوقانی راکتور
79	شکل 4-5: نمایی از قسمت مش زده شده تحتانی راکتور
89	شکل 5-1: لگاریتم خوراک مایع ورودی بر حسب زمان در 430 و 400 °C
94	شکل 5-2: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت دیزل در دمای 400 °C
95	شکل 5-3: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت کروسین در دمای 400 °C
96	شکل 5-4: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت نفتا در دمای 400 °C
97	شکل 5-5: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت گاز در دمای 400 °C
98	شکل 5-6: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت دیزل در دمای 430 °C
99	شکل 5-7: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت کروسین در دمای 430 °C

- 100 شکل 5-8: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت نفتا در دمای 430 °C
- 101 شکل 5-9: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت گاز در دمای 430 °C
- 102 شکل 5-10: بررسی تاثیر دما بر روی غلظت اجزاء
- 105 شکل 5-11: کانتور تغییرات دمایی در راکتور
- 105 شکل 5-12: نقاط داغ ایجاد شده در بستر دوم
- 106 شکل 5-13: نمودار تغییرات دمایی در طول محور راکتور
- 107 شکل 5-14: کانتور تغییرات فشاری در طول راکتور
- 108 شکل 5-15: نمودار تغییرات فشاری در داخل راکتور
- 110 شکل 5-16: شمایی از کانتور نفت در راکتور
- 110 شکل 5-17: کانالیزه شدن بستر 1
- 111 شکل 5-18: کانالیزه شدن بستر 2
- 112 شکل 5-19: گردابه های ایجاد شده در ناحیه ورودی راکتور
- 113 شکل 5-20: گردابه های ایجاد شده در ناحیه میانی راکتور
- 113 شکل 5-21: گردابه های ایجاد شده در ناحیه تحتانی راکتور
- 114 شکل 5-22: تغییرات افت فشار بر حسب سرعت فاز گاز ورودی
- 116 شکل 6-1: نمایی از هندسه سه بعدی به همراه قسمت تزریق کننده هیدروژن
- 117 شکل 6-2: تزریق کننده هیدروژن به همراه حفره های موجود در آن
- 118 شکل 6-3: نمایی از مش قسمت فوقانی راکتور
- 119 شکل 6-4: نمایی از مش قسمت تحتانی راکتور
- 120 شکل 6-5: نمایی از مش ناحیه ای که تزریق کننده هیدروژن قرار دارد

- 100 شکل 5-8: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت نفتا در دمای 430 °C
- 101 شکل 5-9: مقایسه داده تجربی و مدل برای غلظت گاز در دمای 430 °C
- 102 شکل 5-10: بررسی تاثیر دما بر روی غلظت اجزاء
- 105 شکل 5-11: کانتور تغییرات دمایی در راکتور
- 105 شکل 5-12: نقاط داغ ایجاد شده در بستر دوم
- 106 شکل 5-13: نمودار تغییرات دمایی در طول محور راکتور
- 107 شکل 5-14: کانتور تغییرات فشاری در طول راکتور
- 108 شکل 5-15: نمودار تغییرات فشاری در داخل راکتور
- 110 شکل 5-16: شمایی از کانتور نفت در راکتور
- 110 شکل 5-17: کانالیزه شدن بستر 1
- 111 شکل 5-18: کانالیزه شدن بستر 2
- 112 شکل 5-19: گردابه‌های ایجاد شده در ناحیه ورودی راکتور
- 113 شکل 5-20: گردابه‌های ایجاد شده در ناحیه میانی راکتور
- 113 شکل 5-21: گردابه‌های ایجاد شده در ناحیه تحتانی راکتور
- 114 شکل 5-22: تغییرات افت فشار بر حسب سرعت فاز گاز ورودی
- 116 شکل 6-1: نمایی از هندسه سه بعدی به همراه قسمت تزریق کننده هیدروژن
- 117 شکل 6-2: تزریق کننده هیدروژن به همراه حفره های موجود در آن
- 118 شکل 6-3: نمایی از مش قسمت فوقانی راکتور
- 119 شکل 6-4: نمایی از مش قسمت تحتانی راکتور
- 120 شکل 6-5: نمایی از مش ناحیه ای که تزریق کننده هیدروژن قرار دارد

- 121 شکل 6-6: کانتور دما در داخل راکتور در صفحه $Z=0$
- 122 شکل 6-7: کانتور دما در داخل راکتور در صفحه نزدیک توزیع کننده هیدروژن
- 123 شکل 6-8: تغییرات دمایی در راستای محور راکتور
- 124 شکل 6-9: نمایی از کانتور کسر حجمی نفت
- 125 شکل 6-10: نمایی از گردابه های ایجاد شده در ناحیه فوقانی راکتور
- 125 شکل 6-11: کانتور کسر حجمی نفت در ارتفاع های مختلفی از راکتور
- 126 شکل 6-12: گردابه ها در ناحیه تزریق کننده بصورت بردارهای سرعت نفت
- 127 شکل 6-13: گردابه ها در ناحیه تزریق کننده بصورت بردارهای سرعت هیدروژن
- 128 شکل 6-14: نمودار تغییرات فشاری در داخل راکتور
- 129 شکل 6-15: نمودار افت فشار در مقابل سرعت فاز گاز ورودی
- 130 شکل 6-16: افت فشار در مقابل سرعت گاز ورودی بر حسب رابطه سائز و کاربونل

فهرست جداول

صفحه	عنوان
14	جدول 2-1: لیست تبدیلهای ممکن در مورد گروههای مختلف هیدروکربنی
16	جدول 2-2: تعدادی از فرایندهای ثبت شده هیدروکراکینگ
21	جدول 2-3: میزان مصرف هیدروژن
46	جدول 3-1: معادلات جریان آشفته برای جریان های تراکم پذیر
56	جدول 3-2: ارزیابی مدل k, e
59	جدول 3-3: ارزیابی مدل طول اختلاط
73	جدول 4-1: مشخصات خوراک نفتی
87	جدول 5-1: آنالیز ASTM خوراک فرایند هیدروکراکینگ
87	جدول 5-2: تغییرات غلظت خوراک بر حسب زمان در دمای (T=400 C)
90	جدول 5-3: تغییرات غلظت خوراک بر حسب زمان در (T= 430 C)
92	جدول 5-4: تغییرات غلظت خوراک بر حسب زمان در دمای 400 درجه سانتیگراد
93	جدول 5-5: داده های پایلوت برای محصولات در دمای 400 درجه سانتیگراد
93	جدول 5-6: تغییرات غلظت خوراک بر حسب زمان در دمای 430 درجه سانتیگراد
93	جدول 5-7: داده های پایلوت برای محصولات در دمای 430 درجه سانتیگراد
102	جدول 5-8: داده های حاصل از راکتور پایلوت در دماهای مختلف

1-1 مقدمه

یکی از مهمترین فرایندهای صنعتی برای شکستن مولکولهای محصولات نفتی سنگین و با ارزش کم و نیز تولید محصولات با ارزش برای صنایع دیگر، فرایند هیدروکراکینگ باقیمانده تقطیر در خلا است. یک راکتور صنعتی هیدروکراکینگ از چندین بستر ثابت متخلخل تشکیل شده است که بعضی از آنها نقش محافظ و برخی، بسترهای کاتالیستی برای انجام واکنش را دارند.

هیدروکراکینگ یکی از فرایندهای مهم در ارتقاء کیفیت برشهای نفتی بشمار می‌رود. هدف اصلی در این فرایند بدست آوردن فراورده‌های میان تقطیر با کیفیت مطلوب توسط افزودن هیدروژن به برشهای سنگین می‌باشد. یکی از پارامترهای موثر در کیفیت سوختها عبارتست از نسبت هیدروژن به کربن در خانواده مولکولی آن سوخت. بطوریکه در صورت افزایش این نسبت، کیفیت سوخت نیز افزایش خواهد یافت. در این فرایند به سبب افزودن نسبت هیدروژن به کربن در توده‌های مولکولی، محصولات با کیفیت مناسبتری بدست می‌آید.

محدودیت‌های منابع نفت خام، وجود درصد قابل توجهی از برشهای سنگین در نفت خام، محدودیتها و الزامات مربوط به حفاظت از محیط زیست و نیاز روز افزون به سوخت باعث شده است که فرایند هیدروکراکینگ به عنوان یک فرایند توجیه پذیر در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گیرد. الزامات زیست محیطی برای برشهای سنگین از این لحاظ حائز اهمیت است که به دلیل وجود مقدار زیاد ترکیبات ناخالص همانند ترکیبات گوگردی و نیتروژنی و نیز وجود فلزات سنگین در این برشها در صورت مصرف مستقیم، باعث تولید دو عامل اصلی آلوده کننده محیط زیست یعنی SO_x و NO_x می‌شود.

فرایند هیدروکراکینگ بصورت کاتالیستی و حرارتی انجام می‌گیرد. دمای عملیاتی این راکتورها در حدود 360 تا 500 درجه سانتیگراد و فشار عملیاتی نیز در حدود 200 بار است. نقش عمده کاتالیستها

در فرایند هیدروکراکینگ، هیدروژناسیون آروماتیکها و تجزیه ترکیبات با اتمهای ناهمگن می‌باشد. شکست ترکیبات سنگین به فراورده‌های سبک‌تر عمدتاً به دلیل واکنشهای حرارتی می‌باشد. در فرایندهای کاتالیستی لزوم استفاده از فشارهای بالا به دلیل بهبود شرایط واکنش و مهمتر از آن حفاظت از کاتالیست‌ها به واسطه جلوگیری از تشکیل کک روی سطوح کاتالیست می‌باشد. به همین منظور در هیدروکراکینگ حرارتی معمولاً از مواد افزودنی جهت کنترل تشکیل کک استفاده می‌گردد.

از زمانیکه هیدروکراکینگ به عنوان یک فرایند جهت ارتقاء کیفیت برشهای نفتی مورد استفاده قرار گرفته است، نیاز به توسعه مدل‌های هیدرودینامیکی و بررسی شرایط میدان‌های جریان و فشار در این راکتورها احساس می‌گردد.

بررسی دلایل ایجاد نقاط داغ و محل احتمالی آنها در بسترهای کاتالیستی، عوامل ایجاد حالت کانالیزه جریان در بسترهای متخلخل، عوامل ایجاد کننده توزیع نامناسب جریان در راستای محور و قطر راکتور، بررسی افت فشار و عوامل تعیین کننده و تاثیر گذار آن بر روی هیدرودینامیک راکتور که سرانجام بر بازدهی آن تاثیر می‌گذارد و نیز دیگر عوامل موجود باعث می‌گردد که شبیه سازی هیدرودینامیک این راکتورها اهمیت زیادی داشته باشد. در این بین استفاده از تکنیک CFD برای انجام محاسبات و حل معادلات دخیل در هیدرودینامیک راکتورهای مذکور به دلیل عدم ساده سازی در حل معادلات و نیز در نظر گرفتن واقعیت موجود در مورد فیزیک و پارامترهای موجود، در این موارد بهترین جوابها را ارائه می‌دهد و عملکرد راکتور را بهتر پیش بینی می‌کند.

پیشرفتهای اخیر در نرم افزارهای موجود در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی به همراه توسعه روز افزون سخت افزارهای موجود، باعث استفاده گسترده تکنیک CFD در زمینه های مهندسی شده است. در این پروژه از نرم افزار Gambit برای ساخت هندسه و نیز مش زدن هندسه ساخته شده استفاده شده است. همچنین برای حل معادلات دخیل روی هندسه مورد نظر از نرم افزار Fluent 6.3 استفاده شده

است تا پدیده های موجود در راکتور بررسی گردد. همچنین برخی از مدل‌های لازم برای اعمال شرایط حاضر در راکتور به نرم افزار تعریف شده‌اند. برای اعمال تغییرات ویسکوزیته از رابطه ارائه شده توسط گلاسو¹ و نیز برای اعمال نیروی درگ بین دو فاز از رابطه سائز² و کاربونل³ استفاده شده است.

در فصل دوم این پروژه فرایند هیدروکراکینگ مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل به بیان تاریخچه هیدروکراکینگ، واکنش‌های موجود در آن، سینتیک و مکانیسم، کاتالیزورها، خوراک و فرآورده ها، شرایط عملیاتی، مصرف هیدروژن و مختصری از فرایند آیزوماکس پرداخته شده است.

فصل سوم مربوط به کاربرد دینامیک سیالات محاسباتی در شبیه سازی بخصوص شبیه سازی بسترهای ثابت است. در این فصل معادلات اساسی و کاربردی در شبیه سازی به کمک CFD و نیز معادلات مربوط به بسترهای ثابت بیان شده است.

در فصل چهارم به شبیه سازی راکتور واحد آیزوماکس پالایشگاه بندرعباس پرداخته شده است. در این فصل نحوه مش زدن هندسه مورد نظر بیان شده است و نیز به بررسی پدیده نفوذپذیری نسبی در راکتورهای با جریان چند فازی پرداخته شده است.

در فصل پنجم نتایج حاصل از شبیه سازی راکتور واحد آیزوماکس بیان شده است. در این فصل تغییرات دمایی، فشاری، تغییرات کسر حجمی نفت در بستر، گردابه های ایجاد شده در نواحی مختلف راکتور، و اثر سرعت گاز روی افت فشار بیان شده است و همچنین مشکلات راکتور صنعتی که در بالا بدان اشاره شد در این فصل نشان داده شده است همچنین نتایج بدست آمده با داده های صنعتی مقایسه شده است.

¹ Glasso

² Saez

³ Carbonell

در فصل ششم راه‌کارهایی برای بهبود عملکرد راکتور صنعتی ارائه شده است تا علاوه بر رفع مشکلات موجود در این راکتورها که در فصل پنجم به آن رسیدیم، عملکرد راکتور از نظر توزیع دما و فشار و نیز میدان سرعت بهتر گردد که نتایج این راه‌کارها در این فصل گردآوری شده است

در فصل هفتم هم به بیان نتیجه‌گیری حاصل از این پروژه پرداخته شده است و نیز پیشنهادهایی برای آن ارائه شده است

2-1 کراکینگ

روزانه هزاران تن ته مانده های سنگین نفتی در کشور تولید می گردد که این موارد بطور عمده عبارتند از گازوئیل، مواد استخراج شده در روغن سازی و از همه مهمتر، ته مانده برج تقطیر در خلا. فرآورده اول یعنی گازوئیل به طرق مختلف و عمدتاً توسط فرایند هیدروکراکینگ به مواد میان تقطیر ارزشمند تبدیل می گردد. اما مهمترین معضل کشور در خصوص فرآورده های سنگین به ته مانده برج خلا مربوط می گردد که حدود 30٪ از نفت خام پالایش شده در کشور را در بر می گیرد و دریایی از هیدروکربنهای سنگین کم مصرف را در پیش روی قرار می دهد.

2-2 روشهای بهبود کیفیت سوخت

روشهای متعددی برای بهبود کیفیت ته مانده های سنگین وجود دارد. برخی از این روشها ساده بوده و تنها موجب کاهش ویسکوزیته و تغییرات جزئی در مشخصات فیزیکی می گردد و برخی نیز به حدی پیچیده هستند که از گرانترین فرایندهای پالایشگاهی محسوب می شوند. به عنوان یک قاعده سر انگشتی می توان ادعا نمود که میزان پیچیدگی یک فرایند مستقیماً روش کیفیت محصولات تاثیر می گذارد. بطور کلی فرایندهای بهبود کیفیت به دو دسته کلی زیر تقسیم میشوند:

§ انتقال کربن

§ افزودن هیدروژن

بکارگیری یکی از این روشها و یا ترکیبی از آنها با توجه به ملاحظات اقتصادی صورت می گیرد. فرایندهای انتقال کربن شامل روشهای مختلفی نظیر کراکینگ حرارتی، جداسازی فیزیکی، آسفالت گیری با حلال، تبدیل به گازهای سبک و غیره می باشد. در خصوص دسته دوم می توان به

هیدروکراکینگ، گوگرد زدایی در حضور هیدروژن، فلز زدایی در حضور هیدروژن و دیگر موارد اشاره نمود.

2-2-1 فرایند انتقال کربن

مشخصه اصلی این فرایندها حذف اجزاء دارنده کربن بالا (بعنوان مثال آسفالتن ها) و نتیجتاً افزایش نسبت مولی هیدروژن به کربن در محصول است. محصولات جانبی که نوعاً مواد آسفالتی و کک هستند می‌توانند بعنوان سوخت به مصرف برسند و یا با فرایندهای دیگری به هیدروژن، نفت کوره یا گاز سنتز تبدیل شوند. فرایندهای انتقال کربن از دسته دوم یعنی افزایش هیدروژن ارزاتر هستند اما بازده محصولات مایع آنها کمتر است. همچنین محصولات جانبی حاصل از این فرایندها چندان مرغوب نیستند و اغلب نیاز به فراوریهای مجدد دارند.

فرایند های انتقال کربن ممکن است کاتالیستی یا غیر کاتالیستی باشند. جداسازی فیزیکی، کراکینگ حرارتی، تبدیل به گازهای سبک، و احتراق از انواع روشهای غیر کاتالیستی هستند و مهمترین فرایندهای کاتالیستی در این گروه فرایند کراکینگ کاتالیستی میباشد.

2-2-2 فرایند بهبود کیفیت با انتقال هیدروژن

این فرایند اغلب بسیار گرانتر و پیچیده تر از انواع انتقال کربن هستند اما در مقابل بازده محصولات مایع آنها بیشتر است و محصولات جانبی نیز از کیفیت بالاتری برخوردار هستند.

اگرچه فرایندهایی وجود دارند که بصورت غیر کاتالیستی عمل افزایش هیدروژن را به خوراکهای سنگین انجام می‌دهند، با این حال اغلب فرایندهای این دسته بصورت کاتالیستی هستند و دما و فشار در ابتدا موجب افزایش میزان اشباع الفینهای تولید شده توسط واکنشهای کراکینگ هیدروکربورها