

۱۳۷۸ / ۴ / ۲۰



بسم الله الرحمن الرحيم

بررسی تأثیر پارامترهای عملیات حرارتی آستمبرینگ بر ریزساختار و مقاومت به خوردگی چدن نشکن آستمبر شده (ADI)

بوسیله
کرامت رفیعی چرمهینی

پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته
مهندسی مواد- خوردگی و حفاظت از مواد
از
دانشگاه شیراز
شیراز، ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

امضاء اعضای کمیته پایان نامه:

دکتر عباسعلی نظربلند، استاد یار بخش مهندسی مواد (رئیس کمیته)

دکتر کمال جانقربان، استاد بخش مهندسی مواد

دکتر محمود پاکشیر، استادیار بخش مهندسی مواد

اسفند ماه ۱۳۷۷

۲۵۱۹۱

۲۳۱۳/۲

تقدیم به

پدر فهیم و بزرگوارم که در تمام مراحل زندگی مشوق و پشتیبانم می باشد،

مادر عزیز و مهربانم که هرگز مهر و محبتش را از من دریغ نمی دارد،

برادران و خواهران گرامیم که همواره راهنمایم هستند.

و تقدیم به همسر خوب و مهربانم.

۲۵۱۹۱

سپاسگزاری

حال که با یاری خداوند متعال این رساله به پایان رسید بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ استاد بزرگوار جناب آقای دکتر نظربلند که در تمام مراحل انجام این پایان‌نامه راهنمایی دلسوز، و الگویی شایسته در رفتار و اخلاق برای اینجانب بودند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم و از خداوند متعال برای ایشان آرزوی سربلندی و موفقیت در تمام مراحل زندگی را بنمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر جانقربان و جناب آقای دکتر پاکشیر که به عنوان اعضای کمیته قبول زحمت فرمودند، و از کلیه اساتید و کارمندان بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز که به نحوی در به پایان رسیدن این دوره زحمت کشیدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که از کلیه دوستان عزیز که در انجام این پایان‌نامه به نحوی متحمل زحمت شدند متشکر و ممنون باشم، به ویژه از آقای مهندس علیمحمدیان که در مراحل مختلف کارهای آزمایشگاهی یاری‌گر اینجانب بودند.

همچنین از مدیریت و مسئولان مجتمع فولاد آلیاژی اصفهان که امکانات تحصیل در این مقطع را برای بنده فراهم نمودند و نیز مرکز تحقیقات جهاد سازندگی که در انجام پایان‌نامه همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

بررسی تاثیر پارامترهای عملیات حرارتی آستمپرینگ بر ریزساختار و مقاومت به خوردگی چدن نشکن آستمپر شده (ADI)

توسط

کرامت رفیعی چرمهینی

در این تحقیق تاثیر پارامترهای عملیات حرارتی آستمپرینگ، دمای آستنیت‌ته (T_A)، دمای آستمپرینگ (T_A) و زمان آستمپرینگ (t_A)، بر ریزساختار و مقاومت به خوردگی ADI در دو محیط آب دریا و اسید کلریدریک ۱۰٪ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین پایداری گرمایی آستنیت باقیمانده در ADI بررسی شد.

به منظور مقایسه رفتار خوردگی دو نوع ADI، نیکل‌دار و بدون نیکل، همچنین چدن نشکن ریختگی، چدن نشکن نرماله شده و چدن نشکن آنیل کامل شده و فولادهای ASSAB760 و Ck45 مورد آزمایش خوردگی قرار گرفتند.

برای انجام کار، ذوب با ترکیب مناسب بوسیله کوره الکتریکی تهیه و بصورت Y بلوکهایی ریخته‌گری شد. نمونه‌ها از قسمت ته Y بلوکها بریده شدند. نمونه‌ها با سیکل عملیات حرارتی مختلف شامل سه دمای آستنیت ۸۷۰، ۹۲۰ و ۹۵۰ درجه سانتیگراد، دو دمای آستمپرینگ ۲۸۵ و ۳۷۵ درجه سانتیگراد و زمانهای مختلف آستمپرینگ، آستمپر شدند. برای آستمپرینگ از حمام نمک نیترات سدیم - نیترات پتاسیم (Cassal T.S.220) استفاده گردید.

برای بررسی ریزساختار نمونه‌ها پولیش و اچ شدند و سپس توسط میکروسکوپ نوری و الکترونی (SEM) مورد مطالعه قرار گرفته و عکسهای ریزساختاری تهیه شد.

آزمایشهای خوردگی به دو روش غوطه‌وری، طبق استاندارد ASTM G31-85، و پلاریزاسیون آندی-کاتدی، طبق استاندارد ASTM G3-89، انجام شد. برای انجام آزمایشهای پلاریزاسیون از دستگاه پتانسیواستات گالوانواستات مدل V11-PG همراه با چاپگر مدل WX 2400 استفاده گردید.

آزمایش پایداری آستنیت باقیمانده در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۷۲۰ ساعت درون روغن موتور انجام شد.

نتایج نشان داد که افزایش دمای آستنیت باعث درشت شدن ریزساختار آسفرایت (آستنیت پایدار شده + فریت‌های پراکنده) می‌گردد. افزایش دمای آستمپرینگ باعث تاخیر در شروع واکنش آستمپرینگ و درشت شدن ریزساختار می‌گردد. بخاطر جدایش عناصر آلیاژی به ویژه سیلیسیم واکنش آستمپرینگ از کنار کره‌های گرافیت شروع می‌گردد.

افزایش دمای آستنیت، دمای آستمپرینگ و زمان آستمپرینگ تا کامل شدن مرحله اول آستمپرینگ، موجب افزایش مقاومت به خوردگی ADI در هر دو محیط آب دریا و اسید کلریدریک ۱۰٪ شده است.

مقاومت به خوردگی ADI با ریزساختار کاملاً آسفرایتی در هر دو محیط از چدن نشکن در حالت ریختگی، چدن نشکن نرماله شده و فولادهای مورد آزمایش بیشتر می‌باشد.

در آب دریا سرعت خوردگی ADI بدون نیکل با ریزساختار آسفرایتی کامل از ADI بدون نیکل و چدن نشکن آنیل کامل (ریزساختار فریتی کامل) بیشتر می‌باشد. ولی در اسید کلریدریک ۱۰٪ عکس این مطلب دیده شد.

آزمایش XRD نشان می‌دهد که در دمای ۱۵۰°C در مدت ۷۲۰ ساعت آستنیت باقیمانده در ADI به مقدار جزئی تجزیه می‌شود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ح	فهرست جداول
ی	فهرست اشکال
۱	فصل اول: مقدمه
۴	فصل دوم: تئوری و مروری بر کارهای انجام شده
۶	عملیات حرارتی آستمپرینگ برای چدن ADI
۷	مراحل عملیات حرارتی آستمپرینگ برای ADI
۱۵	پایداری حرارتی و مکانیکی آسفرایت
۱۷	تاثیر عناصر آلیاژی بر ریزساختار و خواص ADI
۲۲	جدایش در ADI
۲۳	کنترل مراحل تولید ADI
۲۴	کنترل مراحل عملیات حرارتی
۳۰	مقاومت خوردگی چدنهای نشکن
۳۱	تقسیم بندی چدن‌ها بر اساس مقاومت به خوردگی
۳۲	تاثیر عناصر آلیاژی بر خوردگی چدن‌ها
۳۴	مکانیزم خوردگی چدن
۳۸	فصل سوم: روش تحقیق
۳۸	تهیه نمونه‌های ریختگی
۳۹	تهیه نمونه‌ها
۳۹	عملیات حرارتی آستمپرینگ
۳۹	آزمایشهای متالوگرافی برای بررسی ریزساختار

۴۰	آزمایش سختی سنجی
۴۰	آزمایشهای خوردگی
۴۰	روش غوطه‌وری
۴۲	روش پلاریزاسیون آندی-کاتدی
۴۳	آزمایش پایداری آستنیت باقیمانده
۴۹	فصل چهارم: نتایج
۴۹	نتایج حاصل از بررسی‌های ریزساختاری نمونه‌های آستمپر شده
۶۶	نتایج حاصل از آزمایشهای خوردگی
۸۳	نتایج حاصل از آزمایش پایداری آستنیت باقیمانده
۸۴	فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری
۸۴	تأثیر پارامترهای عملیات حرارتی بر ریزساختار ADI
۸۷	تأثیر زمان آستمپرینگ بر ریزساختار ADI
۸۷	تأثیر دمای آستنیت بر ریزساختار ADI
۸۷	تأثیر دمای آستمپرینگ بر ریزساختار ADI
۸۸	بحث در نتایج آزمایش پایداری گرمائی آستنیت باقیمانده در ADI
۸۹	بحث در نتایج آزمایش خوردگی
۹۸	نمونه محاسبه سرعت خوردگی به روش اکستراپولاسیون تافل
۹۹	جمع بندی نتایج
۱۰۰	پیشنهادات
۱۰۱	منابع
	چکیده و صفحه عنوان به انگلیسی

فهرست جداول

صفحه	جدول
۲۵	جدول (۱-۲): مینیمم دمای آستنیته برای چدن نشکن با مقادیر مختلف سیلیسیم
۳۹	جدول (۱-۳): ترکیب شیمیایی چدن نشکن ریختگی
۴۱	جدول (۲-۳): ترکیب شیمیایی چدن ADI نیکل دار
۴۹	جدول (۱-۴): سیکل عملیات حرارتی نمونه‌های مورد بررسی همراه با شماره هر نمونه
۶۶	جدول (۲-۴): سختی (راکول سی) برای نمونه‌های سری ۹۲۰/۳۷۵
۶۷	جدول (۳-۴): سرعت خوردگی نمونه‌های آستمپر شده تحت سیکل $T_\gamma = 920$ و $T_A = 285$ درجه سانتیگراد و زمانهای مختلف آستمپرینگ، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در آب دریا
۶۸	جدول (۴-۴): سرعت خوردگی نمونه‌های آستمپر شده تحت سیکل $T_\gamma = 920$ و $T_A = 375$ درجه سانتیگراد و زمانهای مختلف آستمپرینگ، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در آب دریا
۶۹	جدول (۵-۴): سرعت خوردگی نمونه‌های آستمپر شده تحت سیکل $T_\gamma = 920$ و $T_A = 285$ درجه سانتیگراد و زمانهای مختلف، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در اسیدکلریدریک ۱۰٪
۷۰	جدول (۶-۴): سرعت خوردگی نمونه‌های آستمپر شده تحت سیکل $T_\gamma = 920$ و $T_A = 375$ درجه سانتیگراد و زمانهای مختلف آستمپرینگ، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در اسید کلریدریک ۱۰٪

- جدول (۷-۴): سرعت خوردگی نمونه‌های آستمپر شده تحت عملیات حرارتی مختلف، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در آب دریا و اسیدکلریدریک ۱۰٪
- جدول (۸-۴): سرعت خوردگی چدن نشکن ریختگی، فولادهای ASSAB760 و CK45، چدن نشکن آنیل کامل شده و نرماله شده، حاصل از اندازه‌گیریهای غوطه‌وری در آب دریا و اسید کلریدریک ۱۰٪
- جدول (۹-۴): مقادیر OCP و نسبت به SCE در دو محیط آب دریا و اسید کلریدریک ۱۰٪
- جدول (۱۰-۴): مقادیر آستنیت باقیمانده برای نمونه‌های (۱) ۹۳۶۰، (۱) ۹۳۱۲۰ و (۱) ۹۳۲۴۰، قبل و بعد از نگهداری در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد
- جدول (۱-۵): نتایج خوردگی حاصل از اکستراپولاسیون تافل روی نمودارهای پلاریزاسیون در آب دریا و اسید کلریدریک ۱۰٪

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل (۱-۱): تعداد مقالات ارائه شده در زمینه ADI در سالهای مختلف	۳
شکل (۲-۱): تولید تخمینی ADI در مقایسه با چدن خاکستری، فولاد ریختگی و فورج شده تا سال ۲۰۰۵ میلادی	۳
شکل (۱-۲): عملیات حرارتی آستمپرینگ فولاد با کربن متوسط همراه با نمودار TTT	۵
شکل (۲-۲): سیکل آستمپرینگ بطور شماتیک	۵
شکل (۳-۲): دیاگرام فازی Fe-C-2.5wt%Si که مرز بین آستنیت نیمه پایدار/(آستنیت+فریت) و دمای شروع مارتنزیت را نشان می‌دهد	۷
شکل (۴-۲): شماتیک نمودار فازی Fe-C-2.5Si که نشان دهنده تاثیر عناصر آلیاژی بر مقدار کربن تعادلی زمینه و کربن آستنیت نیمه پایدار می‌باشد	۸
شکل (۵-۲): واکنش آستمپرینگ	۱۱
شکل (۶-۲): ترکهای میکروسکوپی در نواحی بین سلولی که واکنش آستمپرینگ کامل نشده، در یک چدن نشکن غیر آلیاژی آستمپر شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد	۱۴
شکل (۷-۲): تغییرات سختی در سطح ADI بکار رفته در ماشین حفاری به هنگام کار	۱۶
شکل (۸-۲): تاثیر عناصر آلیاژی بر ضخامت قابل آستمپرینگ در دماهای ۳۳۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد	۱۸
شکل (۹-۲): تاثیر منگنز بر ناحیه تاخیری دگرگونی برای ADI آستمپر شده در ۳۷۰ درجه سانتیگراد	۲۰

- شکل (۲-۱۰): تاثیر دمای آستنیت و دمای آستمپرینگ بر گسترش ناحیه تاخیر دگرگونی روی یک چدن نشکن غیر آلیاژی ۲۶
- شکل (۲-۱۱): تاثیر دمای آستنیت بر سختی و خواص کششی ADI آستمپر شده در دمای ۳۸۵ درجه سانتیگراد ۲۶
- شکل (۲-۱۲): تاثیر زمان و دمای آستمپرینگ بر چقرمگی ضربه ADI در دماهای مختلف ۲۷
- شکل (۲-۱۳): تاثیر دما و زمان آستمپرینگ بر افزایش چقرمگی ضربه و آستنیت پایدار شده روی یک چدن ADI غیر آلیاژی ۳۰
- شکل (۲-۱۴): تغییرات نرخ خوردگی چدن با ۴/۴٪ سیلیسیم در اسید سولفوریک ۳/۵٪ جوشان بر حسب زمان غوطه‌وری ۳۷
- شکل (۲-۱۵): تاثیر سیلیسیم بر مقاومت به خوردگی چدنهای پر سیلیسیم ۳۷
- شکل (۳-۱): شماتیک و ابعاد Y بلوکهای ریختگی ۳۸
- شکل (۳-۲): نمونه‌های آماده شده برای انجام آزمایش پلاریزاسیون ۴۷
- شکل (۳-۳): مدار بسته شده جهت انجام آزمایش پتانسیو استات ۴۸
- شکل (۴-۱): ریزساختار چدن نشکن ریختگی ۵۲
- شکل (۴-۲): ریزساختار نمونه ۹۲۱(۱) ۵۲
- شکل (۴-۳): ریزساختار نمونه ۹۲۳(۱) ۵۳
- شکل (۴-۴): ریزساختار نمونه ۹۲۵(۱) ۵۳
- شکل (۴-۵): ریزساختار نمونه ۹۲۱۵(۱) ۵۴
- شکل (۴-۶): ریزساختار نمونه ۹۲۳۰(۱) ۵۴
- شکل (۴-۷): ریزساختار نمونه ۹۲۶۰(۱) ۵۵
- شکل (۴-۸): ریزساختار نمونه ۹۲۹۰(۱) ۵۵
- شکل (۴-۹): ریزساختار نمونه ۹۲۱۲۰(۱) ۵۶
- شکل (۴-۱۰): ریزساختار نمونه ۹۲۲۴۰(۱) ۵۶

۵۷	شکل (۴-۱۱): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۱
۵۷	شکل (۴-۱۲): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۳
۵۸	شکل (۴-۱۳): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۵
۵۸	شکل (۴-۱۴): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۱۵
۵۹	شکل (۴-۱۵): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۳۰
۵۹	شکل (۴-۱۶): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۶۰
۶۰	شکل (۴-۱۷): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۹۰
۶۰	شکل (۴-۱۸): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۱۲۰
۶۱	شکل (۴-۱۹): ریزساختار نمونه (۱) ۹۳۲۴۰
۶۱	شکل (۴-۲۰): ریزساختار نمونه (۱) ۸۷۰/۳۱
۶۲	شکل (۴-۲۱): ریزساختار نمونه (۱) ۸۷۰/۳۳
۶۲	شکل (۴-۲۲): ریزساختار نمونه (۱) ۸۷۰/۳۳۰
۶۳	شکل (۴-۲۳): ریزساختار نمونه (۱) ۸۷۰/۳۱۲۰
۶۳	شکل (۴-۲۴): ریزساختار نمونه (۱) ۹۵۰/۳۱
۶۴	شکل (۴-۲۵): ریزساختار نمونه (۱) ۹۵۰/۳۱۵
۶۴	شکل (۴-۲۶): ریزساختار نمونه (۱) ۹۵۰/۳۱۲۰
۶۵	شکل (۴-۲۷): ریزساختار نمونه (۱) ۹۵۰/۳۲۴۰
۶۵	شکل (۴-۲۸): تصویر SEM از محل شروع آسفرایت در ADI
۶۶	شکل (۴-۲۹): تصویر SEM از یک بلوک آستنیت باقیمانده در نمونه (۱) ۹۳۲۴۰
	شکل (۴-۳۰): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۴	نمونه (۱) ۹۳۱ در آب دریا
	شکل (۴-۳۱): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی
۷۴	برای نمونه (۱) ۹۳۱۵ در آب دریا

شکل

صفحه

	شکل (۴-۳۲): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۵	نمونه (۱) ۹۳۱۲۰ در آب دریا
	شکل (۴-۳۳): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۵	نمونه (۱) ۹۳۲۴۰ در آب دریا
	شکل (۴-۳۴): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۶	نمونه (۱) ۹۲۱۲۰ در آب دریا
	شکل (۴-۳۵): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۶	نمونه (۱) ۹۵۰/۳۱۲۰ در آب دریا
	شکل (۴-۳۶): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی
۷۷	برای نمونه (۱) ۸۷۰/۳۷۵/۱۲۰ در آب دریا
	شکل (۴-۳۷): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۷	فولاد CK45 در آب دریا
	شکل (۴-۳۸): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی
۷۸	برای فولاد ASSAB760 در آب دریا
	شکل (۴-۳۹): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی
۷۸	برای نمونه (۲) ۸۷۰/۳۶۵/۱۲۰ در آب دریا
	شکل (۴-۴۰): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۹	نمونه (۱) ۹۳۱ در ۱۰٪ HCl
	شکل (۴-۴۱): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۷۹	نمونه (۱) ۹۳۱۵ در ۱۰٪ HCl
	شکل (۴-۴۲): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۸۰	نمونه (۱) ۹۳۱۲۰ در ۱۰٪ HCl
	شکل (۴-۴۳): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای
۸۰	نمونه (۱) ۹۳۲۴۰ در ۱۰٪ HCl

- شکل (۴-۴): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای نمونه (۱) ۹۲۱۲۰ در ۱۰٪ HCl در ۸۱
- شکل (۴-۴): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای نمونه (۱) ۹۵۰/۳۱۲۰ در ۱۰٪ HCl در ۸۱
- شکل (۴-۴): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای نمونه (۱) ۸۷۰/۳۱۲۰ در ۱۰٪ HCl در ۸۲
- شکل (۴-۴): نمودار پلاریزاسیون آندی - کاتدی برای فولاد ASSB760 در ۱۰٪ HCl در ۸۲
- شکل (۱-۵): تاثیر زمان آستمپرینگ بر سختی ADI برای زمانهای ۱ تا ۲۴۰ دقیقه در ۸۶
- شکل (۲-۵): تاثیر زمان آستمپرینگ بر سختی ADI برای زمانهای ۱ تا ۴۳۲۰ دقیقه در ۸۶
- شکل (۳-۵): تاثیر زمان و دمای آستمپرینگ بر سرعت خوردگی ADI در آب دریا در ۹۱
- شکل (۴-۵): قسمتی از دیاگرام فازی Fe-C-2.5%Si در ۹۱
- شکل (۵-۵): تاثیر دما و زمان آستمپرینگ بر سرعت خوردگی ADI در ۱۰٪ HCl در ۹۲
- شکل (۶-۵): تاثیر دمای آستنیت بر سرعت خوردگی ADI در آب دریا در ۹۳
- شکل (۷-۵): تاثیر دمای آستنیت بر سرعت خوردگی ADI در ۱۰٪ HCl در ۹۴

فصل اول

مقدمه

چدن نشکن آستمپر شده (ADI) یکی از آلیاژهایی است که اخیراً مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. این آلیاژ دارای خواص عالی مکانیکی میباشد که ناشی از ساختار میکروسکوپی منحصر بفرد آن است [۱-۲-۳].

طبق آمار موجود تا دهه ۷۰ میلادی مقالات چندانی در مورد ADI منتشر نشده، در سالهای بعد با گسترش این نوع چدن و افزایش کاربرد آن تعداد مقالات ارائه شده در رابطه با آن افزایش یافته است. شکل (۱-۱) تعداد مقالات ارائه شده را در سالهای مختلف (از ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۰) در زمینه ADI نشان می‌دهد [۲].

شکل (۱-۲) تولید تخمینی ADI را در مقایسه با چدن خاکستری، فولاد ریختگی و فورج شده تا سال ۲۰۰۵ میلادی نشان می‌دهد [۳].

چدنهای ADI می‌توانند جایگزین فولادها شوند. قطعات آهنگری فولادی با دو هدف عمده بوسیله ADI جایگزین می‌شوند [۴]:

الف) کاهش وزن قطعات به میزان ۱۰٪

ب) کاهش هزینه‌های تولید به میزان ۸۰٪-۲۰٪

این در حالی است که پژوهشها و مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که دسترسی به مزایای فوق همراه با حفظ کیفیت خواص فیزیکی و مکانیکی مورد انتظار و در مواردی با افزایش آنها همراه میباشد [۴].

از دلایل عدم دستیابی به رشد مورد انتظار در دنیا و ایران به موارد زیر می‌توان اشاره نمود [۵]: