مجله مهندسی مکانیک مدرس، آبان ۱۳۹۴، دوره ۱۵، شماره ۱۳، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص ۵۴-۵۸

مجموعه مقالات کنفرانس ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳ و ۱۴ آبان ۱۳۹۴

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

تاثیر عملیات حرارتی بر روی کیفیت سطح و تلرانس‌های ابعادی اسپول شیر هیدرولیک

سعید امینی[1*]، سجاد عباس زاده[2]

۱- دانشیار، مهندسی مکانیک گروه ساخت و تولید، دانشگاه کاشان، کاشان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید، دانشگاه کاشان، کاشان
*کاشان، صندوق پستی ۸۷۳۱۷۵۱۱۶۷، amini.s@kashanu.ac.ir

چکیده

در صنعت هیدرولیک، شیرهای هیدرولیک از اهمیت بسزای برخوردار هستند. اسپول یکی از مهمترین بخش‌های شیر هیدرولیک است که بدلیل عملکرد خود تعریف کننده راندمان و کارای شیر می‌باشد. اسپول شیر هیدرولیک با حرکت خود درون شیر هیدرولیک مسیر حرکت سیال هیدرولیک را تغییر می‌دهد. از این نظر تلرانس‌های ابعادی وکیفیت سطح پارامترهای مهم بر روی کارای اسپول شیر هیدرولیک می‌باشند. اسپول شیر هیدرولیک پس از ماشین‌کاری برای بدست آوردن سختی مورد نظر و همچنین آماده‌سازی برای عملیات سنگ‌زنی و رسیدن به تلرانس دقیق نیاز به عملیات حرارتی دارد. در این پژوهش اسپول‌های شیر هیدرولیک ابتدا با روش ماشین‌کاری به ابعاد مناسب و یکسان رسیده، سپس هرکدام جداگانه توسط عملیات حرارتی خاص مورد سخت کاری قرارگرفته و سپس اعوجاج ایجاد شده در اثر عملیات حرارتی بر روی اسپول و همچنین کیفیت سطح اسپول پس از سنگ زنی اندازه گیری و مقایسه شده است.

کلید واژگان: اسپول، اعوجاج، تلرانس ابعادی، کیفیت سطح

Effect of heat treatment on the surface quality and dimensional tolerance of hydraulic valve spool

Saeed Amini, Sajjad Abasszadeh

Department of Mechanical Engineering, University of kashan, Kashan, Iran
*P.O.B. 8731751167, Kashan, Iran, amini.s@kashanu.ac.ir

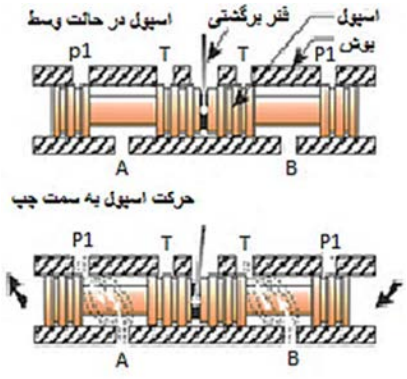
ABSTRACT

Hydraulic valves have very important role in hydraulic industry. Spool is one of the main parts of these valves which defines the valve efficiency and application by determining the fluid flow. The dimensional tolerance and surface quality of spool are the main effective parameters concerning the valve application. Spool requires heat treatment after machining for achieving the desired level of hardness and getting ready for grinding. In this paper, the hydraulic valves spools have first been machined to reach to the desired dimensions. Then, heat treatment has been performed on them to obtain the appropriate hardness. Finally, the spool distortion induced by heat treatment and its surface quality after grinding has been measured has been measured and compared with each other.

Keywords: Dimensional Tolerance, Distortion, Spool, Surface Quality

۱- مقدمه

اسپول شیر هیدرولیک یکی از اجزای اصلی شیر هیدرولیک می‌باشد و با حرکت خود درون شیر هیدرولیک باعث تغییر مسیر سیال هیدرولیک می باشد. شکل ۱ تغییر مسیر سیال هیدرولیک را بوسیله حرکت اسپول نشان می‌دهد.



شکل۱ تغییر مسیر سیال هیدرولیک بوسیله اسپول [۱]

اسپول شیر هیدرولیک بدلیل عملکرد خود نیاز به عملیات حرارتی و سپس سنگ‌زدن برای رسیدن به تلرانس دقیق می‌باشد. در زمینه روش های سخت‌کاری بر کیفیت سطح تحقیقات متعددی انجام شده است. در سال ۲۰۱۰ علیرضا امیرخانی و همکاران پژوهشی در مورد تاثیر کربن‌دهی چند مرحله‌ای بر خواص مکانیکی قطعات کربوره شده انجام داده‌اند. در این تحقیق به‌منظور دسترسی به خواص مکانیکی مورد نظر در قطعات کربوره شده، از سیکل‌های عملیات حرارتی سخت‌کاری مستقیم، سخت‌کاری یک مرحله‌ای و سخت‌کاری دو مرحله‌ای استفاده شده است. در این مقاله به تاثیر روش سخت‌کاری دو مرحله‌ای در افزایش استحکام کششی نهایی و استحکام تسلیم و همچنین ریزتر شدن ساختار دانه‌بندی در سطح اشاره شده است [۲].

در سال ۲۰۱۰ سعید زارع و همکاران پژوهشی در مورد تعیین مقدار سختی از چند روش مختلف و مشخص کردن سریع‌ترن و دقیق‌ترین روش کاربردی انجام داده‌اند. در این مقاله به بررسی پارامترهای موثر در عمق سختی در روش سخت‌کاری القایی پرداخته شده است. آن‌ها اشاره کردند که با فرکانس و توان ثابت با کاهش یافتن سرعت عبور قطعه از کویل عمق سخت‌کاری بیشتر می‌شود [۳].

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

S. Amini, S. Abasszadeh, Effect of heat treatment on the surface quality and dimensional Tolerance of hydraulic valve spool, *Modares Mechanical Engineering*, *Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference*, Vol. 15, No. 13, pp. 54-58, 2015 (in Persian فارسی)

Archive of SID

www.SID.ir

در سال ۲۰۱۲ بوگویوا گاسوا و همکاران در زمینه جنس مناسب برای ساخت اسپول شیر هیدرولیک تحقیقاتی انجام دادند. در این مقاله ساخت اسپول از جنس کامپوزیت و سپس پوشش دهی سطحی به منظور سختی و مقاومت سایشی مورد بررسی قرار گرفته شده است [۴].

در سال ۲۰۱۱ ین یانگ و همکاران پژوهشی در مورد تاثیر عملیات حرارتی بر روی میکرو ساختار وتنش پسماند بر روی آلیاژ TI-AL پرداختند. دراین مقاله به بررسی نقش عملیات حرارتی آنیلینگ بر تنش گیری پرداخته شده است [۵].

با توجه به تحقیقات انجام شده بررسی روش‌های عملیات حرارتی بر روی شرایط سطحی اسپول شیر هیدرولیک هنوز جای کار دارد، لذا در این پژوهش تاثیر عملیات‌های حرارتی مختلف بر روی کیفیت سطح اسپول پس از سنگ‌زنی و همچنین اعوجاج ایجاد شده در حین عملیات حرارتی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. عملیات های حرارتی مورد استفاده در این پژوهش به دو دسته کلی عملیات حرارتی حجمی و سطحی تقسیم می‌شوند.

۱-۱- عملیات حرارتی حجمی

در این روش قطعه بصورت مستقیم در معرض حرارت قرار گرفته و به دمای آستنیت رسیده و سپس با توجه به سختی موردنظر در یکی از محیط‌های خنک کاری سرد می‌شود. در این روش کل سطح قطعه‌کار سخت می‌شود و به‌همین علت این روش به سخت‌کاری **حجمی** مرسوم می‌باشد.

۱-۲- عملیات حرارتی سطحی: که شامل عملیات حرارت‌های زیر می-باشد:

۱-۲-۱- عملیات حرارتی کربوره (کربن‌دهی سطحی به روش جامد)

در کربن‌دهی جامد قطعه فولادی کم کربن را درون یک جعبه فولادی مقاوم حرارتی قرار داده و اطراف قطعه را با یک ترکیب کربن‌زا مانند ترکیباتی از زغال چوب (۱-۳٪) و مواد انرژی‌زای دیگر نظیر کربنات باریم (۱۰-۱۸٪) کربنات سدیم (تا ۱۰٪) کاملا پر می‌کنند، سپس درب جعبه را بسته و لبه‌های جعبه را با خاک نسوز یا موادی از این قبیل برای جلوگیری نفوذ هوا به درون آن و یا همچنین خارج شدن گاز ایجاد شده از داخل به خارج کاملا مسدود می‌کنند. سپس جعبه را در کوره قرار داده و در دمایی حدود ۸۰۰-۹۵۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت معین (این مدت به دما و عمق نفوذ یا ضخامت لایه سخت شده مورد نظر بستگی دارد) حرارت می‌دهند. در این عملیات ماده کربن‌زا ابتدا گاز منواکسید کربن (co) تولید می‌کند که در دمای عملیات، ناپایدار بوده و هنگام تماس با سطح فولاد نفوذ می‌کند. به دنبال فعل و انفعالات نفوذ، کربن به داخل لایه خارجی قطعه‌ای که در دمای بالا آستنیتی شده، نفوذ کرده و حل می‌شود. بدین ترتیب در حالی که داخل قطعه فولاد کم‌کربن است مقدار کربن در لایه خارجی قطعه افزایش می‌یابد [۶].

۱-۲-۲- عملیات حرارتی گازی (سخت‌کاری سطحی با استفاده از گاز اندوترمیک و اتمسفر کنترل شده)

در کربن‌دهی گازی قطعه فولادی مورد نظر را در کوره‌ای قرار داده و گازهایی از قبیل متان، پروپان، بوتان یا گاز خنثی را به عنوان هیدروکربورهای کربن‌زا وارد کوره می‌کنند. زمان کربن‌دهی به دمای کوره و عمق کربن‌دهی مورد نظر بستگی دارد. از این فرایند بیشتر در تولید انبوه استفاده می‌شود. عموما کربن موجود در سطح قطعه برحسب زمان کربن‌دهی بین ۰/۷ تا ۱/۲ درصد تغییر می کند. باید توجه داشت که چنان‌چه سطح نتواند تمامی کربن را جذب کند این کربن به‌صورت دوده در سطح قطعه نمایان می‌شود. لذا در این صورت باید سرعت ورود گاز و ترکیب شیمیای ان به طور دقیق کنترل شود. عمق لایه پرکربن را می‌توان بین چند صدم میلی‌متر تا چندین میلی‌متر تغییر داد.

۱-۲-۳- عملیات حرارتی حمام نمک (سخت‌کاری سطحی به‌وسیله غوطه‌وری در محلول نمک)

در این فرایند عملیات حرارتی کربن دهی با غوطه ور ساختن قطعه فولادی کم کربن در داخل وان حاوی نمک مذاب انجام می‌گیرد. ترکیب شیمیای این مذاب شامل کربنات سدیم (۷۵-۸۰٪)، نمک طعام (۱۰-۱۵٪) و سیلیسیم کاربید (۶-۱۰٪) است. دمای وان نمک حدود۸۵۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان حرارت دهی حدود ۳۰ دقیقه تا ۴ ساعت است. کربن دهی طبق واکنش زیر انجام می‌گیرد.

$$2Na_2CO_2+SiC \rightarrow Na_2SiO_3+Na_2O+2CO+C$$

مزایایی اصلی کربن‌دهی مایع یکی گرم شدن یکنواخت قطعه و دیگری افت قابل توجه وزن قطعه غوطه‌ور شده در محیطی با وزن مخصوص زیاد (نمک) است که سبب کاهش تاب‌برداری قطعه می شود. این فرایند عملیات حرارتی برای سخت کردن سطحی قطعات با ابعاد کوچک و متوسط به‌کار می‌رود.

۱-۲-۴- عملیات حرارتی نیتراته (سخت‌کاری سطحی به‌وسیله نیتروژن‌دهی سطحی)

فرایند ازت دهی (نیتروژن‌دهی) به‌عنوان نفوذ دادن ازت یا نیتروژن اتمی در لایه بسیار نازکی از سطح فولاد تعریف می‌شود. ازت‌دهی نوعی از عملیات حرارتی است که برای بالا بردن سختی سطحی فولادهای آلیاژی به‌کار می-رود. در ازت‌دهی سطح خارجی فولاد توسط ازت اشباع می‌شود. سختی حاصل از ازت‌دهی به تشکیل نیترایدها در فولاد، توسط واکنش ازت با عناصر آلیاژی موجود در فولاد، بستگی دارد. بنابراین در این دما و محیط مناسب تمام فولادهایی که شامل عناصری از قبیل: الومینیوم، کرم، مولیبدن، تیتانیوم و وانادیوم باشد با ازت تشکیل ترکیبات نیترایدی از نوع ALN، Cr_2N، Mo_2N و VN می‌دهند. برای تشکیل این ترکیبات، ازت باید به‌صورت اتم آزاد و نه بصورت مولکولی باشد. این فرایند می‌تواند پس از نگه‌داشتن قطعه برای مدت زمان طولانی در دمای ۴۸۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در محیط حاوی گاز آمونیاک صورت گیرد. بخار آمونیاک طبق واکنش زیر در اثر حرارت دهی به گاز های ازت و هیدروژن تجزیه می شود.

$$2NH_3 \rightarrow 2N+3H_2$$

تصمیم برای انتخاب نوع روش سخت کردن عمدتا به جنس قطعه، دمای کربن‌دهی، خواص مطلوب برای کاربرد موردنظر، تکنولوژی فرایند تولید و هزینه‌های تولید بستگی خواهد داشت.

در این پژوهش سعی بر این است که عملیات‌های حرارتی مختلف از نظر تاثیر بر کیفیت سطح و همچنین تلرانس‌های ابعادی اسپول شیر هیدرولیک به جنس فولاد ۱/۷۲۲۵ مقایسه و بررسی شده و همچنین عملیات حرارتی مناسب برای بهینه کردن پارامترهای کیفیت سطح و تلرانس‌های ابعادی بدست آید.

در شکل ۲ تصویر اسپول شیر هیدرولیک نشان داده شده است.

مطابق شکل ۲، مراحل ساخت اسپول شیر هیدرولیک شامل ماشین‌کاری اولیه، عملیات حرارتی و سنگ زنی انجام شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل۲ تصویر اسپول شیر هیدرولیک

۲- مواد و وسایل ازمایش

برای اندازه‌گیری اعوجاج ایجاد شده در اثر عملیات حرارتی بر روی اسپول شیر هیدرولیک از ساعت اندازه‌گیری با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شده است، در شکل ۳ تصویر ساعت اندازه‌گیر در حین کنترل اعوجاج نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری کیفیت سطح اسپول پس از سنگ‌زنی از زبری‌سنج دیجیتال با دقت اندازه‌گیری Ra۰/۰۰۱ استفاده شده است که در شکل ۶ تصویر زبر-سنج دیجیتال در حین اندازه‌گیری کیفیت سطح اسپول نشان داده شده است.

۳- انجام آزمایش

جنس اسپول‌ها از فولاد سخت‌کاری شونده سطحی ۱/۷۲۲۵ انتخاب شده است، علت انتخاب این جنس برای اسپول شیر هیدرولیک قابلیت سخت‌کاری سطحی این فولاد می‌باشد. ابتدا فولاد موردنظر برای ماشین‌کاری اسپول شیر هیدرولیک تهیه گردیده و سپس مورد آزمایش کوانتومتری قرار گرفته تا از تهیه فولاد ۱/۷۲۲۵ اطمینان حاصل شود. در جدول ۱ مقادیر عناصر ازمایش کوانتومتری فولاد مورد آزمایش نشان داده شده است.

همان‌طور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود با توجه به درصد عناصر می‌توان گفت فولاد خریداری شده برای ماشین‌کاری اسپول‌های شیر هیدرولیک فولاد ۱/۷۲۲۵ می‌باشد. پس از انجام عملیات حرارتی مختلف و انجام عملیات سنگ زنی، اندازه گیری‌های زیر بر روی اسپول‌ها انجام شد.

۳-۱-کنترل اعوجاج ایجاد شده

اسپول‌های شیر هیدرولیک پس از عملیات حرارتی از نظر اعوجاج ایجاد شده

جدول ۱ نتایج کوانتومتری فولاد مورد آزمایش

درصد	عنصر	درصد	عنصر
۰/۰۰۳	Ni	rem	Fe
۰/۰۰۱	Ti	۰/۳۹۸	C
۰/۰۰۳	V	۰/۰۱۶	P
۰/۰۱۰	W	۰/۰۱	S
۰/۰۰۳	Pb	۰/۰۲۴	Si
۰/۰۱۲	Sn	۰/۸۲	Mn
۰/۰۰۸	As	۱/۰۱	Cr
۰/۰۰۲	Bi	۰/۱۹۷	Mo
۰/۰۰۲	Ca	۰/۰۵۵	Ni
۰/۰۰۱	B	۰/۰۳۶	Al
۰/۰۰۲	Zr	۰/۰۱	Co
_	Sr	۰/۰۴۱	Cu

در حین عملیات حرارتی مورد مقایسه و اندازه‌گیری قرار می‌گیرند. اعوجاج عبارت است از میزان خروج از مرکزی شافت در امتداد طولی که اندازه‌گیری ان در فواصل مشخصی از طول و در یک موقعیت مکانی مشخصی از نظر چرخش در طی ۳۶۰ درجه انجام می شود.

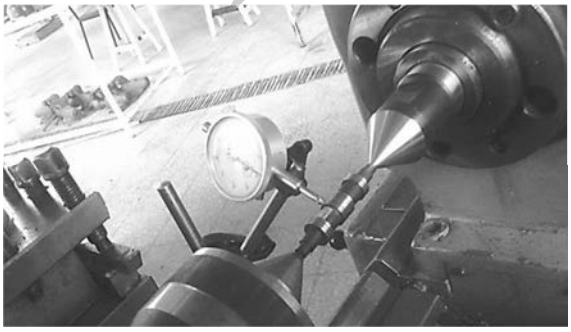
در این مرحله ۱۲ عدد اسپول به روش عملیات حرارتی گازی به صورت دوتایی مورد سختی‌های مختلف قرار گرفته و اعوجاج ایجاد شده در حین عملیات حرارتی اندازه‌گیری شده است.

شکل ۳ نحوه ای اندازه‌گیری اعوجاج ایجاد شده بر اثر عملیات حرارتی بر روی اسپول های شیر هیدرولیک را نشان می‌دهد.

روش ماشین‌کاری اسپول شیر هیدرولیک به‌صورت دو مرغک در دستگاه تراش انجام گردیده است. ازین‌رو برای تست اعوجاج نیز اسپول شیر هیدرولیک بین مرغک ثابت و مرغک متغیر قرار گرفته و ساعت اندازه‌گیری همانند شکل بر روی قطر اسپول مماس می‌شود، حال اسپول مورد دوران قرار گرفته و اعوجاج ایجادی در قطر اسپول توسط ساعت اندازه‌گیری بدست می-آید.

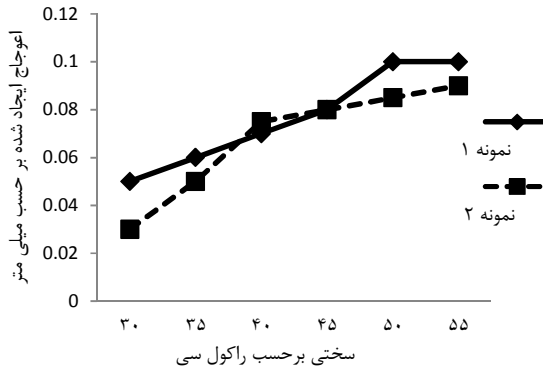
لازم به ذکر می‌باشد که مرغک‌های دستگاه تراش قبل از آزمایش مورد تست هم محوری قرار گرفته و از صحت آزمایش اطمینان حاصل شده است. روش انجام تست هم محوری مرغک ثابت و متحرک بدین گونه انجام شد که مرغک ثابت پس از قرار گرفتن در گلویی دستگاه تراش مورد مخروط تراشی قرار گرفته تا از هم محوری آن با گلویی دستگاه اطمینان کامل حاصل شود. در ابتدا میله فولادی بصورت یک مرحله و بدون باز شدن تحت عملیات روتراشی و سوراخ‌کاری قرار گرفت و سپس بین مرغک ثابت و متحرک همانند اسپول شیر هیدرولیک بسته شد، سپس ساعت اندازه‌گیر را روی سوپرت دستگاه ثابت کرده و روی طول بدنه میله فولادی حرکت داده، بوسیله حرکت کشوی مرغک متحرک اختلاف دو سر میله فولادی که بر روی ساعت اندازه‌گیر نشان داده می‌شود، مورد جبران قرار گرفت و دوباره ساعت اندازه‌گیر را روی طول میله حرکت دادیم ان قدر این عمل تکرار می شود تا به‌طور کامل از هم محور بودن مرغک ثابت و متحرک اطمینان حاصل شود. شکل ۴ میزان اعوجاج برحسب سختی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود هرچه اسپول‌های شیر هیدرولیک توسط عملیات حرارتی به سختی بالاتری رسیده باشند اعوجاج ایجاد شده در آن‌ها نیز بیشتر می‌شود و این بدلیل شیب حرارتی بیشتر در سختی‌های بالا برای سرد کردن قطعه می‌باشد که به همین علت اسپول‌های شیر هیدرولیک در سختی‌های بالا اعوجاج بیشتری نسبت به اسپول‌های شیر هیدرولیک پس از رسیدن به سختی‌های پایین دارند.



شکل ۳ اندازه گیری اعوجاج به روش دو مرغک و با استفاده از ساعت اندازه گیر با دقت۰/۰۱ میلی متر

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۴ اعوجاج ایجاد شده برحسب سختی پس از عملیات حرارتی

در حین سخت کردن اسپول های شیر هیدرولیک هرچه سختی بالاتری موردنظر باشد اسپول پس از رسیدن به دمای آستنیت با سرعت بالاتری مورد سرد شدن قرار می‌گیرد (بستگی به محیط خنک کننده) ازین رو اسپول‌های با سختی بالا در حین سرد کردن اعوجاج بیشتری نسبت به اسپول‌های با سختی کمتر را تجربه می‌کنند [۶].

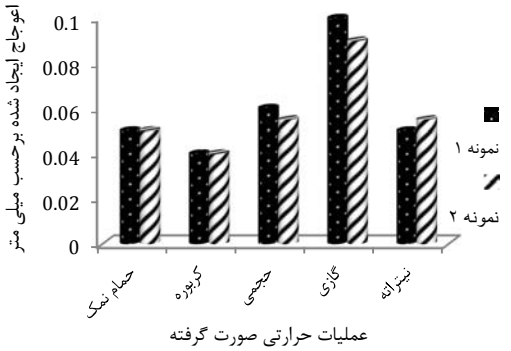
شکل۵، مقایسه‌ای بین اعوجاج ایجاد شده در اثر عملیات‌های حرارتی مختلف را نشان می‌دهد.

هر عملیات حرارتی بر روی دو اسپول با ابعاد و جنس یکسان صورت گرفته است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود روش عملیات حرارتی گازی بیشترین اعوجاج را بر اسپول شیر هیدرولیک ایجاد می‌کند. یکی از معایب این فرایند کربن‌دهی تاب برداری یا به عبارتی کج و معوج شدن قطعه به سبب نگه‌داشتن آن برای مدت طولانی در دماهای نسبتا بالا است. همچنین کمترین اعوجاج مربوط به روش عملیات حرارتی کربوره و همچنین روش حمام نمک می باشد که علت آن گرم شدن یکنواخت قطعه می باشد.

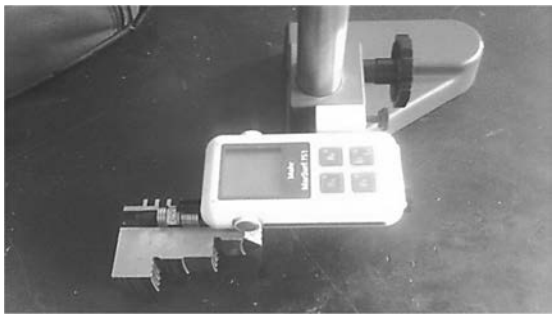
۳-۲- کنترل کیفیت سطح

در عملیات سنگ‌زنی سختی قطعات بر روی کیفیت سطح نهایی تاثیر دارد ازین رو اسپول‌های هیدرولیک با استفاده از عملیات حرارتی به سختی‌های متفاوت رسیده و پس از سنگ‌زنی با شرایط یکسان از نظر کیفیت سطح با هم مقایسه شده‌اند.

شکل ۶ نحوه‌ی اندازه‌گیری کیفیت سطح اسپول‌های شیر هیدرولیک را پس از عملیات سنگ‌زنی نشان می‌دهد.



شکل ۵ مقایسه روش‌های عملیات حرارتی مختلف بر اعوجاج ایجاد شده بر روی اسپول شیر هیدرولیک. (سختی نمونه‌ها ۵۵ راکول سی می‌باشد.)



شکل۶ نحوه اندازه گیری کیفیت سطح اسپول پس از عملیات سنگ‌زنی

پس از عملیات سنگ‌زنی اسپول‌های شیر هیدرولیک همانند شکل مورد اندازه‌گیری کیفیت سطح با دستگاه زبری سنج دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱Ra شده‌اند. اندازه‌گیری کیفیت سطح هر اسپول در سه نقطه مختلف از سطح اسپول صورت گرفته و با متوسط گیری کیفیت سطح اسپول شیر هیدرولیک بدست آمده است. شکل ۷ نمودار تاثیر سختی بر روی کیفیت سطح اسپول شیر هیدرولیک را نشان می‌دهد.

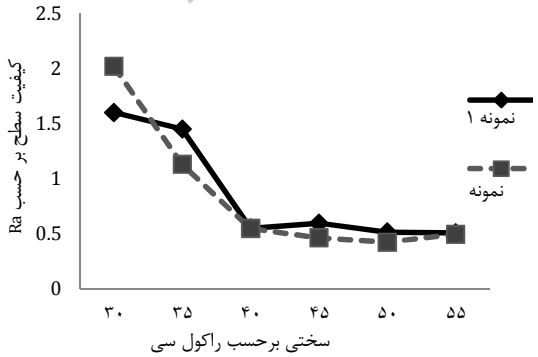
همان‌طور که از شکل ۷ مشاهده می‌گردد با افزایش سختی کیفیت سطح اسپول پس از سنگ‌زنی بهتر می‌شود. در حین سنگ‌زنی دانه‌های ساینده سنگ سنباده پس از کند شدن کنده می‌شوند و جای خود را به دانه‌های تیزتر می‌دهند، در حین کنده شدن به سطح اسپول برخورد کرده و هرچه سطح اسپول دارای سختی کمتری باشد، زبری سطح را بیشتر می‌کنند [۷].

همان‌طور که قبلا اشاره شد عملیات‌های حرارتی برای هر عملیات ۲ نمونه اسپول شیر هیدرولیک سخت‌کاری شده که در نمودارهای مربوطه نیز نمونه ۱ و نمونه ۲ مشاهده می‌شود. در شکل ۶، به مقایسه روش‌های عملیات حرارتی مختلف بر روی کیفیت سطح اسپول شیر هیدرولیک پس از سنگ‌زنی پرداخته شده است.

مطابق شکل ۶، اثر قابل ملاحظه‌ای از تاثیر عملیات حرارتی مختلف بر روی کیفیت سطح مشاهده نمی‌شود و می‌توان گفت که بیشترین تاثیر را سختی بر کیفیت سطح قطعه کار دارد و پارامترهای دیگر در سنگ زنی با شرایط یکسان تاثیر کمی دارند. لازم به ذکر است که تمامی اسپول‌ها به سختی ۵۵ راکول‌سی رسیده‌اند.

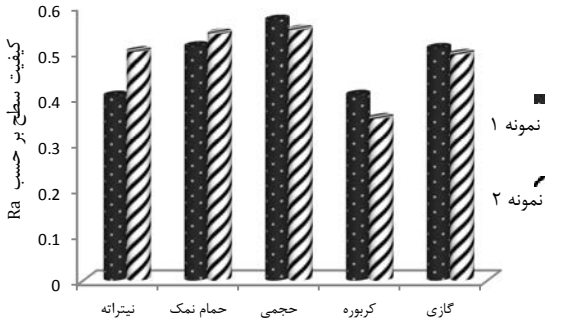
٤- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله بررسی روش‌های عملیات حرارتی مختلف بر روی سنگ‌زنی اسپول شیر هیدرولیک انجام شد. با انجام آزمایش‌ها نمودارهای اعوجاج و کیفیت سطح استخراج شد. با توجه به نمودارها و اندازه‌گیری‌های صورت



شکل۷ تاثیر سختی بر کیفیت سطح اسپول شیر هیدرولیک پس از عملیات سنگ‌زنی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۸ تاثیر عملیات‌های حرارتی مختلف بر روی کیفیت سطح اسپول پس از سنگ-زنی

گرفته به این نتیجه می‌توان رسید که از بین روش‌های سخت‌کاری مورد انتخاب در این پژوهش برای سخت‌کاری اسپول شیر هیدرولیک روش کربوره و همچنین روش حمام نمک از لحاظ اعوجاج ایجادی در اسپول کمترین مقدار را دارد. در مورد تاثیر روش سخت‌کاری بر کیفیت سطح اسپول شیر هیدرولیک پس از سنگ زدن می‌توان گفت روش سخت‌کاری تاثیر چندانی در کیفیت سطح ندارد و بیشترین عامل تاثیرگذار در این مورد سختی قطعه-کار پس از عملیات حرارتی می باشد. با توجه به جمع‌بندی می‌توان گفت بهترین روش سخت‌کاری برای اسپول شیر هیدرولیک روش سخت‌کاری کربوره می‌باشد.

۵- مراجع

[1] **MOGO,** *Industrial controls division*, www.MOGO.com

[2] **A. A**mirkhani Najafabadi, M. Kashefi, *Materials and Metallurgical Engineering Department, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran*, 2010. (In persian)

[3] S. Zare, M. Kadkhoda, M. Kashfi, Materials and Metallurgical, EngineeringDepartment, University of ferdowsi, Mashhad,Iran, 2010. (In persian)

[4] B.Gaceva, N.Herakovic, New Materials for Production of Advanced Pneumatic and Hydraulic Valves, August 6-8,2012.

[5] Ying Yang, Shengsheng Zhao, Jun Gong, Xin Jiangand Chao Sun,Efect of heat treatment on the mecrostructure and residual stresses in (TI-AL)N films, *Journal of Materials Science & Technology*, 2011, 27(5), 385-392.

[6] H. Toysserkani, *Principles of materials science*,pp 302-309 ,Isfahan, Isfahan University of Technology, 2009.(In Persian)

[7] AR. Omiddodman, H. Hassanpour, M. Hoseinsadaghi, A. Rasti, MH. Saadatbakhsh, Department of Mechanical Engineering, Modares Mechanical Engineering, 2014. (In persian)

Archive of SID

www.SID.ir