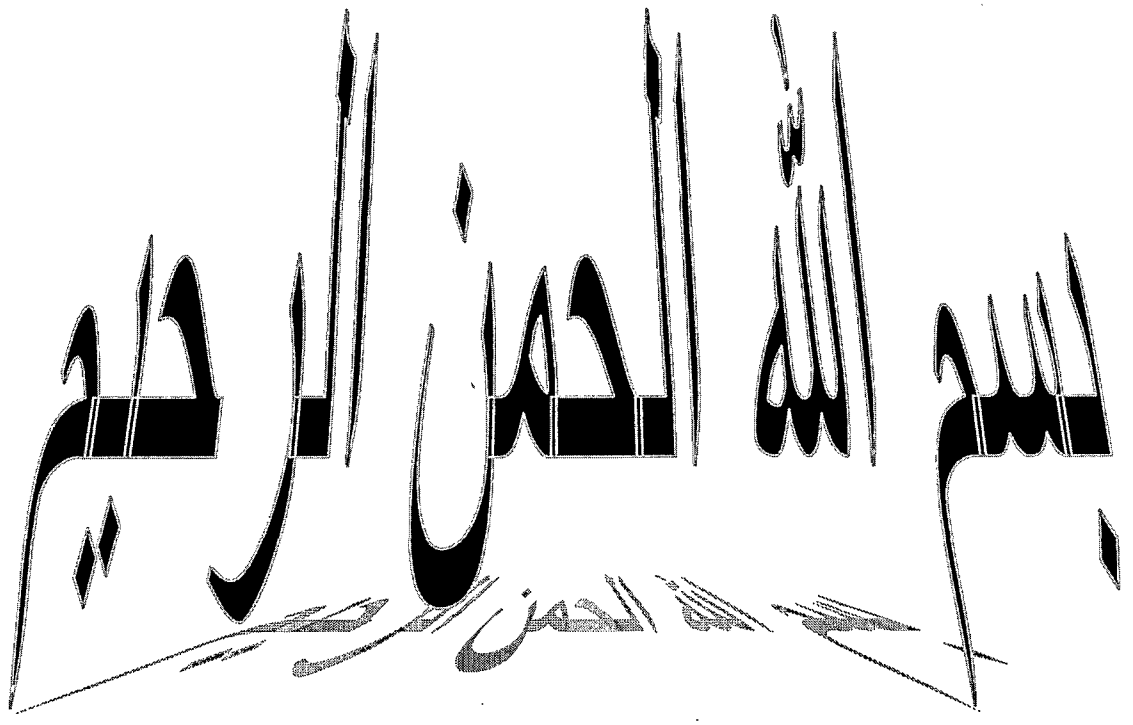


٢٠٨٢٢٢

مجتمع فنی ومهندسی
دانشکده مهند سی مکانیک

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مکانیک – طراحی کاربردی

بهینه سازی فرآیندجوشکاری در مونتا ژ قطعات بدنه فلزی(کفی عقب) خودرو جهت کاهش پیچیدگی

استاد راهنما : دکتر اصغر دشتی

استاد مشاور : دکتر فرشید مالک

پژوهش ونگارش: علیرضا میرزائی

۱۳۸۷ /۹/ ۲۴

آبان ماه ۱۳۸۶

۱۰۸۲۲۲

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر

از اساتید گرامی آقایان دکتر دشتی و دکترمالک

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی	صورتجلسه دفاعیه پایان‌نامه دانشجوی دوره کارشناسی‌ارشد	شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان‌نامه تحصیلی آقای/ خانم: علیرضا میرزائی دانشجوی کارشناسی‌ارشد

رشته/گرایش: مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی

تحت عنوان: بهینه‌سازی ترتیب جوشکاری در مونتاژ قطعات بدنه فلزی (کفی عقب) خودرو جهت کمینه‌سازی پیچیدگی

و تعداد واحد: ۶ در تاریخ ۱۵/ ۸ / ۱۳۸۶ با حضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان‌نامه با نمره: به عدد ۱۶/۶ به حروف شانزده و شش دهم

و درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

عنوان	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد/ استادان راهنما:	آقای دکتر اصغر دشتی	
استاد/ استادان مشاور:	آقای دکتر فرشید مالک	
متخصص و صاحبنظر داخلی:	آقای دکتر محمود خداداد	
متخصص و صاحبنظر خارجی:	آقای دکتر علیرضا مشرقی	

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام و نام خانوادگی: آقای دکتر سیدسعید مهینی

امضاء:

مقدمه ۱
فصل اول: مروری بر منابع ۵
۱-۱- تعریف پیچیدگی و علل پیدایش آن در بدنه خودرو ۵
۱-۲- عوامل مهم بوجودآمدن پیچیدگی ۶
۱-۲-۱- انحراف ناشی از ابزار ۷
۱-۲-۱-۱- چیدمان قرارها ۹
۱-۲-۲- انحراف ناشی از فرایند مونتاژ ۱۲
۱-۲-۳- خطاهای ناشی از ساخت قطعه ۱۳
۱-۳- روشهای مطالعه پارامترهای مؤثر در تولید قطعات بدنه ۱۳
۱-۳-۱- روش ساخت عملی ۱۳
۱-۳-۲- روش ساخت تحت نظارت ۲۰
۱-۴- اصول مونتاژ قطعات بدنه ۲۵
۱-۵- تغییر شکلهای ناشی از تنشهای حرارتی در قطعات بدنه ۲۶
۱-۶- تغییر شکلهای ناشی از شکل دهی ۲۶
۱-۷- فرآیند جوشکاری مقاومتی(نقطه جوش)قطعات ۲۷
۱-۸- عملیات اساسی جوشکاری مقاومتی ۲۸
۱-۹- تنظیم کردن دستگاه های نقطه جوش ۳۱
۱-۱۰- فیکسچرهای مونتاژ قطعات بدنه ۳۲
۱-۱۱- منابع تغییر در قطعات بدنه ۳۲
۱-۱۲- روشهای آماری در کیفیت قطعات بدنه ۳۳
۱-۱۳- پیشینه پژوهش ۳۴
۱-۱۴- روشهای بهبود ۴۱
۱-۱۴-۱- بهبود مستمر ۴۱
۱-۱۴-۲- نوآوری ۴۲
۱-۱۴-۳- بهبود جهشی ۴۲
۱-۱۴-۳-۱- شش سیگما ۴۲
۱-۱۴-۳-۲- مراحل انجام شش سیگما ۴۳
۱-۱۴-۴- روش تاگوچی ۴۵
۱-۱۴-۵- کایزن ۴۶
۱-۱۴-۵-۱- ابزارهای کایزنی در حل مشکلات ۴۶

۱-۱۴-۵-۲- نمودار پارتو ۴۷
۱-۱۴-۵-۳- طراحی آزمایشها ۴۸
فصل دوم: تعریف مسئله ۴۹
۲-۱- تعریف مسئله ۴۹
۲-۲- مشکلات تولید بدنه فلزی خودرو ۵۲
۲-۲-۱- فرآیند تولید اسکلت بدنه خودروی پراید ۵۳
۲-۲-۲- گزارشات اندازه گیری اسکلت بدنه کامل خودروی پراید ۵۴
۲-۲-۳- گزارشات اندازه گیری زیر مجموعه ها ۵۷
۲-۲-۴- فیکسچرهای تولید زیر مجموعه ها ۵۸
۲-۳- هدف پایان نامه ۶۱
فصل سوم: اندازه گیری ۶۲
۳-۱- مقدمه ۶۲
۳-۲- چکینگ فیکسچر مجموعه کفی عقب ۶۳
۳-۳- روش اندازه گیری مجموعه کفی عقب توسط چکینگ فیکسچر ۶۳
۳-۴- اندازه گیری کفی عقب پرا ید توسط چکینگ فیکسچر ۶۶
فصل چهارم: تحلیل ۶۹
۴-۱- تحلیل علت ومعلول ۶۹
۴-۲- تشریح وضعیت موجود مجموعه کفی عقب ۷۱
فصل پنجم: بهبود با استفاده از روش ساخت عملی ۷۸
۵-۱- انتخاب بهترین ترتیب جوشکاری ۷۸
۵-۲- طراحی آزمایش ۸۲
۵-۲-۱- نحوه انتخاب مناطق عملیاتی نقطه جوش ۸۵
۵-۲-۲- آنالیز مناطق عملیاتی ۸۶
۵-۲-۳- داده های آزمایش ۹۳
۵-۲-۴- تجزیه وتحلیل واریانس ۹۶
۵-۳- نتایج ۱۱۰
۵-۳-۱- نتایج صرفاً کیفی ۱۱۰
۵-۳-۲- نتایج کیفی با دید اجرایی ۱۱۲
۵-۴- ارزیابی نتایج ۱۱۲
۵-۵- نتیجه گیری و بحث ۱۱۵

۵-۶- پیشنهاد جهت ادامه کار ۱۱۷
ضمیمه الف ۱۱۹
ضمیمه ب ۱۲۵
ضمیمه ج ۱۲۹
منابع ومآخذ ۱۳۰

چکیده

تحقیقات انجام شده برروی فرایند تولید ومونتاژ قطعات پرسی بدنه خودرو نشان می دهد تغییر شکل های بعد از فرآیند مونتاژ قطعات زیر مجموعه، یکی از عوامل مهم ایجاد مغایرت در مجموعه بدنه خودرو است. عوامل فراوانی در ایجاد این تغییر شکل ها دخیل هستندکه میزان تاثیر هر کدام متفاوت است. فرایند جوش یکی از عوامل تعیین کننده در ایجاد این تغییر شکلها بشمار می رود. در طی انجام پروسه جوشکاری، تنش های حرارتی پیچیده ای بعلت اعمال حرارت متمرکز در قطعات تولید می شود که پس از انجام عملیات جوشکاری، تنش های پسماند وپیچیدگی در سیستم باقی می مانند. دراکثر اوقات ودرعمل جلوگیری از پیچیدگی بسیار ساده تر ازبین بردن آن پس از تولید شدن است. در این تحقیق تاثیر ترتیب نقطه جوش ها روی مغایرت های ابعادی قطعه بدنه خودرو(مجموعه کفی عقب پراید) صورت گرفته، ومنشا تعریف پروژه مشکل موجود در خط تولید کفی عقب ازلحاظ پیچیدگی است. با استفاده از رویکرد شش سیگما ابتدا عوامل متعدد انحراف در مونتاژ اینگونه مجموعه ها بررسی و شناسایی شده و سپس میزان تاثیر گذاری اتصال به روش جوشکاری نقطه ای و انحراف نهایی مورد بررسی قرارگرفته است. نهایتاً براساس روش تاگوچی تمرکز برروی عوامل کلیدی جهت کا هش انحراف انجام شده است. نتایج بدست آمده از آزمایشات، انتخاب بهترین ترتیب جوشکاری با استفاده ازروشهای مذکوررا ایجاد کرده، بطوریکه کاهش مغایرت به میزان ۱۰۰٪ در جهت WL(Z) را ممکن ساخته است. نتیجه کلی اینکه اگر عملیات نقطه جوشکاری از نقاطی با تعداد ورقهای الصاقی بیشتر شروع شده و بطور متناوب ومتوازن حول محورهای طولی وعرضی خودرو زده شوند، پیچیدگی نهایی کمتر خواهد بود. روش طراحی شده در این تحقیق برای بررسی و کاهش هر نوع مغایرت ابعادی درزیر مجموعه های بدنه

خودرو درخطوط تولید خصوصاً زیر مجموعه هایی که ازلحاظ ابعادی بزرگ هستند، قابل تعمیم است.

واژه های کلیدی: **تنش های پسماند- مجموعه کفی عقب- پیچیدگی- شش سیگما - تاگوچی**

مقدمه

بررسی کیفی محصولات ویافتن روشهایی برای بهبود آن موضوعی است که در صدر فعالیتهای هر شرکت تولیدی قرار دارد. جایگاه شایسته کیفیت در صنعت امروزی مهندسین را بر آن داشته تا در این زمینه دستاوردها و ابتکارات جدیدی راوارد کنند. با استفاده از فناوریهای جدید در زمینه های طراحی ، ساخت و مهندسی می توان فرآیندهای تولید محصول را تقلیل داده و خودرو را بموقع در بازار فروش عرضه نمود. این امر باعث کاهش زمان توسعه محصول و هزینه های پروژه و ارتقای کیفیت محصولات است. صنعت خودرو سازی بدنبال ارتقای کیفیت و بهره وری با توجه به نیازمندیهای مشتری بوده و در مجموعه سازیها باید لقی های ساخت قطعات[1] و طراحی فرآیند را مورد بررسی و ارزیابی قرار دهد . به منظور یافتن فرآیند بهینه، ساخت وتولید محصولاتی که بتواند نیازهای متنوع مشتریان را برآورده کند، ضمن ضرورت افزایش کمی ما از خط

---

[1]-Panels

تولید، نیازمند تئوریها، مدلها و چارچوبهای ذهنی هستیم. این مقوله در صنعت خودرو مانند سایر صنایع از اهمیت بسزایی برخوردار است. کیفیت بدنه خودرو بعنوان ساختار اصلی خودرو با توجه به شرایط موجود مشتری مداری رقابت شدیدی را میان تولید کنندگان در این شاخه صنعت فراهم نموده است که هرروز این رقابت بیشتر می شود.

بدنه اکثرخودروها شامل دو قسمت شاسی و اسکلت بدنه فلزی است. این دو قسمت شامل حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ قطعه پرسی از براکتهای ساده تا قطعات پیچیده نظیر سقف، بدنه جانبی، درب موتورو شاسی تشکیل شده ونیزاز حدود ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ نقطه جوش در آنها وجود دارد. عملکرد قطعات محرک و کنترل هدایت خودرو که با پیچ و مهره روی شاسی نصب می شوند وفواصل و همسطحی[۱] قطعات متحرک مانند دربهای جانبی ، درب موتور و درب صندوق عقب که با پیچ و مهره روی اسکلت بدنه نصب می شوند، تحت تاثیر مجموعه های جوش شده هستند. در مجموعه سازی بدنه خودرو بروش جوشکاری یکی از مهمترین عواملی که می تواند روی کیفیت بدنه خودرو اثر نماید، پیچیدگی[۲] ناشی از مجموعه سازی قطعه با قطعه است[۱].

ورقها طی عملیات پرسکاری بوسیله قالبهای پرس شکلهای متعددی به خود گرفته، سپس مجموعه این قطعات ضمن موقعیت گیری و گیره بندی[۳] توسط نگهدارنده قطعات[۴] مونتاژ، با نقطه جوش به هم متصل شده و مجموعه ها را تشکیل می دهند. با مونتاژ مونتاژ مجموعه ها روی هم یک بدنه خودرو صلب ساخته می شود. پارامترهای متعددی کیفیت قطعات پرسی را رقم می زنند. این قطعات به لحاظ انعطاف پذیری و خواص

---

[1]-Gap and Step
[2]-Distortion
[3]-Clamping
[4]-Fixture

مربوط به ذات ورق در طول فرایند تولید تغییر شکلهای متعددی پیدا می کنند که کنترل کیفیت ابعادی و تحت کنترل در آوردن فرایند تولید این قطعات مهم و اساسی است.

غالباً تولید کنندگان هزینه و زمان زیادی را صرف عملیات دوباره کاری[1] برای تولیدَ مجموعه با ویژگیهای مشخص در خط تولید می نمایند. دقت و شناخت بیشتر از فرایند تولید و همچنین عوامل بوجود آورنده تغییر شکل می تواند به کاهش این عملیات و در نتیجه افزایش بهره وری در تولید منجر شود. امروزه در کارخانجات خودرو سازی ایران کمتر به مقوله ترتیب جوشکاری[2] بهینه پرداخته می شود. واین در حالیست که درعملیات مونتاژ قطعات بدنه خودرو، از عوامل مؤثردر انحرافات وتغییر شکلها، ترتیب نقطه جوشکاری است. ترتیبات موجود درخطوط تولید معمولاً ترتیباتی هستند که با توجه به سرعت خط تولید بدست آمده وباعث پیچیدگی می شوند. این مشکل در مونتاژ این مجموعه به اسکلت بدنه فلزی همراه آن بوده و تنش پیوسته ای را همواره به مجموعه اسکلت بدنه فلزی وارد می کند. در نتیجه پس از مونتاژ خودرو و تحویل آن به مشتری چه بسا با عبور خودرو از موانع کوچک این تنش ها، تشدید شده و شکست نقطه جوش ها ونهایتاً ایجاد سر و صداهایی نظیر جیرجیرکه در بسیاری از خوروها تجربه شده، شنیده می شود. در نتیجه با بدست آوردن ترتیب بهینه در این خطوط می توان بسیاری از انحرافات زیر مجموعه ها و نهایتاً اسکلت بدنه خودرو را کاهش داد.

استفاده از دستگاههای اندازه گیری دقیق[3] دراندازه گیری ابعادی قطعات بدنه از دقت بالایی بر خوردار بوده ولی هزینه و زمان زیادی را به خود اختصاص می دهد. از ابزار

---

[1]-Rework

[2]-Welding Sequence

[3]-C.M.M(Coordinate Measuring Machine)

های دیگر معمول جهت کنترل ابعادی قطعات بدنه، پنل گیجها[1] و چکینگ فیکسچرها[2] هستند. سرعت اندازه گیری با این ابزارها سریع تر و کنترل قطعات راحت تر بوده و در خط تولید هم استفاده می شوند. با اضافه و کم کردن موقعیت دهنده ها و کلمپ ها می توان قابلیت پنل گیج را هم به چکینگ فیکسچر داد تا امکان استفاده دو کاره داشته با شد[۲].

نتیجتاً شکل نهایی ساختار بدنه اتومبیل فقط تحت تاثیر تنشهای پسماند[3] قرار نمی گیرد بلکه فرایند مونتاژ نیز سهم بسزایی در این امر دارد.

[1]-Panel gauge

[2]-Cheking fixture

[3]-Rsidual Stress

فصل اول: مروری بر منابع

۱-۱- تعریف پیچیدگی[1] و علل پیدایش آن در بدنه خودرو

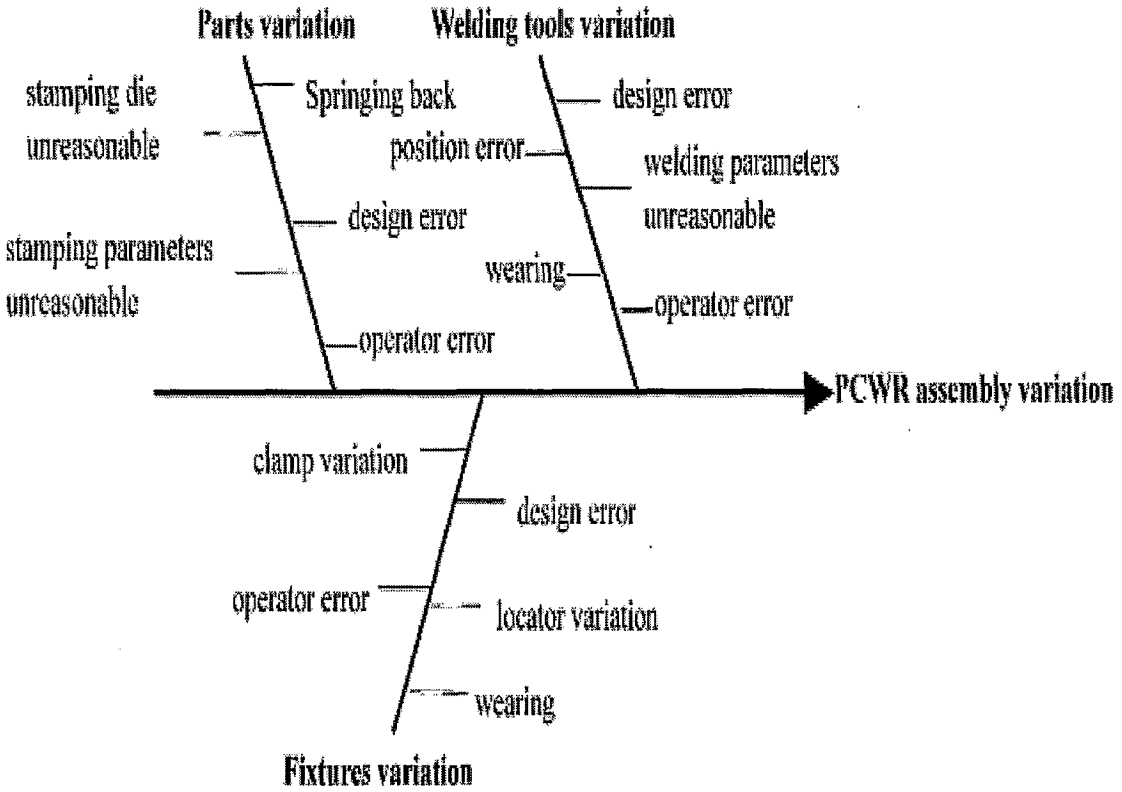
پیچیدگی یک مشکل پتانسیل در تولیدات جوشکاری شده است[۳]. در مونتاژ بدنه های خودرو و هواپیما که عمدتاً به شکل ورقهای فلزی با نسبت ضخامت به طول و عرض بسیار کمی هستند، خطاهای بسیاری در طول مونتاژ می تواند ایجاد شود. این قطعات به سبب ابعادشان دارای انعطاف پذیری زیادی هستند و در اثر خطاهای قبل از مونتاژ یا در پروسه مونتاژ به سبب رخداد پدیده هایی مثل تغییر شکل ناشی از نیروی فیکسچر (نیروی ناشی از فکهای جوشکاری)، بازگشت فنری[2] و تغییرشکل ناشی از جوشکاری، باعث توسعه خطا به مراحل بعدی مونتاژ و نهایتاً ایجاد پیچیدگی در مجموعه تولیدی می شوند.

---

[1]- Distortion
[2] -Sprink Back

۱-۲- عوامل مهم بوجودآمدن پیچیدگی

در یک مجموعه تولیدی، عوامل مختلفی در انحراف محصول مونتاژی نقش دارند. نمودار استخوان ماهی[1] عوامل انحراف در شکل ۱-۱ آمده است.



شکل۱-۱عوامل انحراف در محصول مونتاژی ورقهای انعطاف پذیر[۴]

مطابق نمودار بالا، اصولاً عوامل انحراف را به سه دسته زیر تقسیم می کنند[۵] :

- انحراف ناشی از ابزار

[1]- Fish-bone

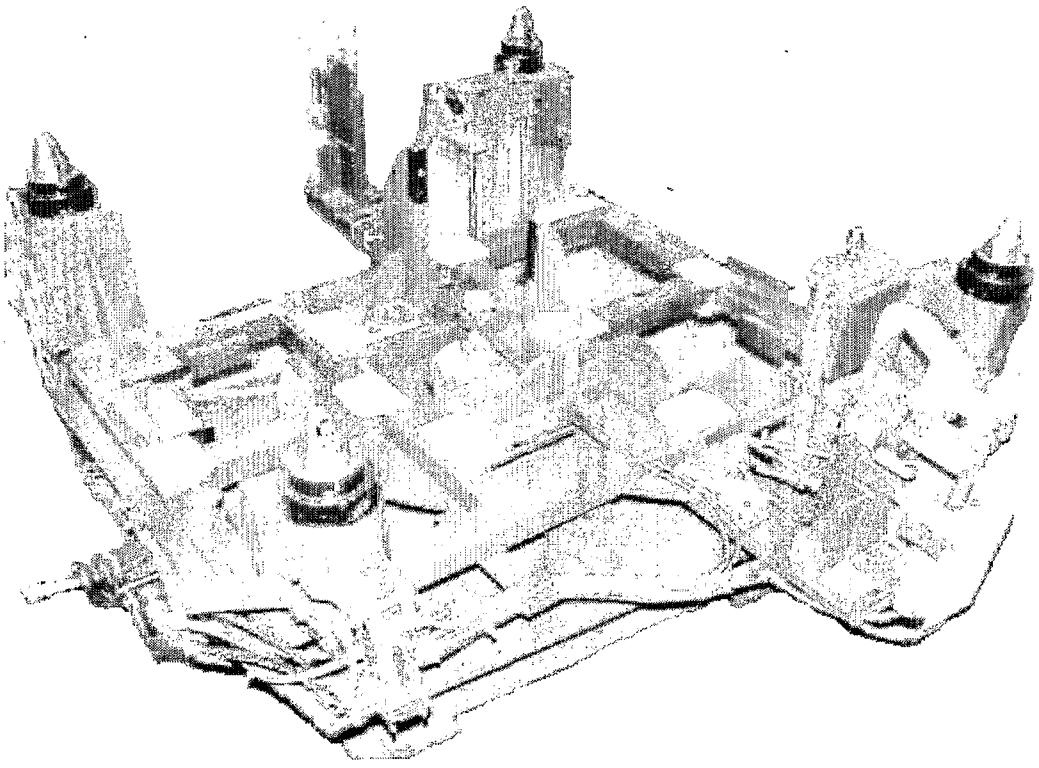
- انحراف ناشی از فرآیند

- انحراف قطعه

در ادامه به تفضیل در مورد هر یک از موارد فوق توضیحاتی ارائه می گردد.

۱-۲-۱- انحراف ناشی از ابزار

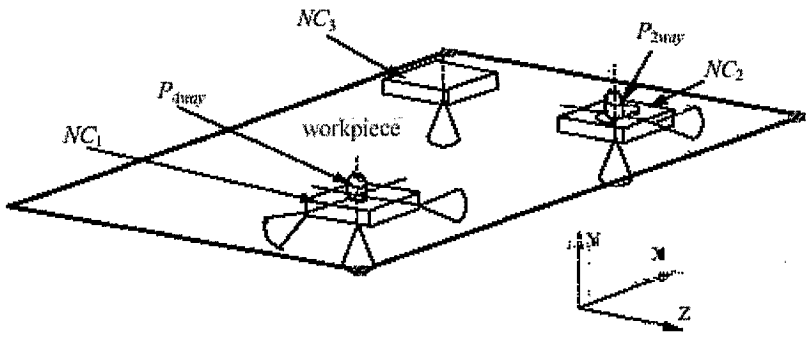
مجموعه ای از ابزارها با قطعات مونتاژی ارتباط دارند. بخشی از انحراف محصول مونتاژی متأثر از خطای ابزار است. این ابزارها شامل پین قرار، گیره ها, فکهای جوشکاری نقطه ای و ... بوده که هر کدام ازعملکرد نامی خود دارای انحراف هستند. در شکل ۱-۲ نمایی از ابزارهای لازم برای موقعیت دهی قطعات در خط مونتاژ آورده شده است.



شکل ۱-۲ ابزارهای لازم برای موقعیت دهی قطعه

تلرانس بین پین قرار و سوراخ روی قطعه از مهمترین مشخصه هایی است که نقش مهمی در محصول نهایی خواهد داشت. اثر این تلرانس در قرارگیری قطعه در فیکسچر نمایان می شود. معمولاً قطعات را با فکیسچرهای نوع ۳-۲-۱ مقید می کنند. این نوع فیکسچرها از حرکت صلب قطعه جلوگیری می کنند. در این نوع تقید در قطعات دو بعدی، سه درجه آزادی و در قطعات سه بعدی، شش درجه آزادی قطعه مهار می شود. به سبب تلرانس موجود در مهار قطعه (تلرانس بین پین راهنما و سوراخ) همواره قطعه در جهت گیری های متفاوت، موقعیت دهی می شود. این به معنای مونتاژ قطعات در موقعیت های مختلف است. طراح باید توانایی پیش بینی بروز این اتفاقات را در انحراف محصول مونتاژی نهایی را داشته باشد.

شکل ۱-۳ یک سیستم تقید ساده ۳-۲-۱ را نشان می دهد. برای جلوگیری از حرکت صلب قطعات در فضای سه بعدی باید شش درجه آزادی آن مهار شود، همانطور که در این شکل مشاهده می شود از سه گیره (تقید در راستای Y) و یک قرار اصلی [۱] (تقید در راستای X و Z) و یک قرار فرعی [۲] (تقید در راستای Z) تشکیل شده است[۶].

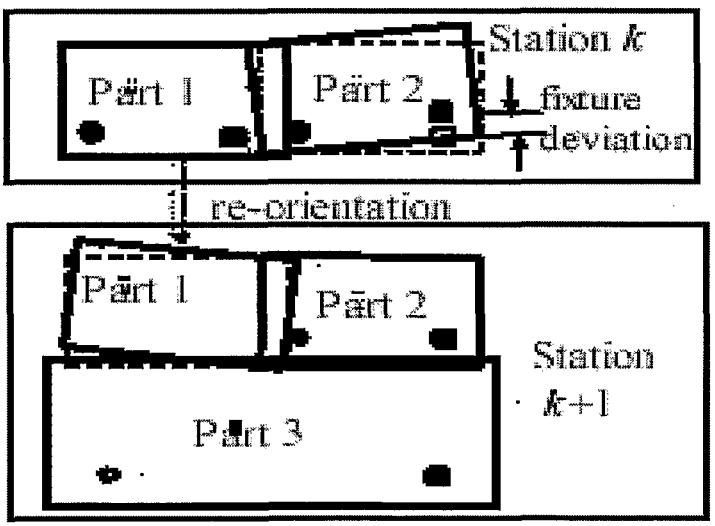


شکل ۱-۳ فیکسچر ۳-۲-۱

[1]- 3 Way Locuting Pin
[2] -2 Way Locting Pin

۱-۲-۱-۱- چیدمان قرارها

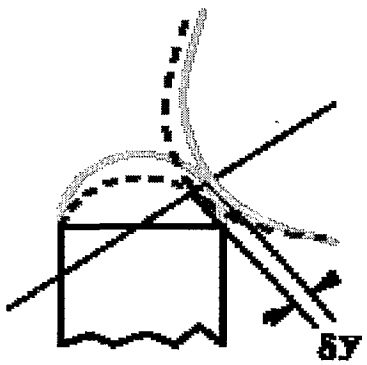
از جمله خطاهای متداول در خطوط مونتاژ چند مرحله ای ورق های فلزی، اثر چیدمان قرارها در هر مرحله است. این خطا ناشی از چیدمان متفاوت قرارها در مراحل مختلف است. همانطور که در شکل ۱-۴ ملاحظه می شود، قطعه ای در مرحله k دارای انحراف است. وقتی این قطعه از این مرحله به مرحله k+۱ منتقل می شود، نقاط قرار تغییر می کنند و چون این نقاط روی قطعه دارای خطای ناشی از مرحله k بوده اند و حالا در این مرحله در موقعیت نامی قرار میگیرند، باعث می شود که کل قطعه در یک موقعیت خطادار قرار گیرد. این نوع خطا که در خطوط مونتاژ رایج است به "خطای باز قراردهی" [۱] معروف است[۶].



شکل ۱-۴ خطای ناشی از دوباره باز قراردهی

[1]- Re-Orientation

تغییرشکل هندسی پین راهنما به مرور زمان و رخ دادن پدیده سایش[1]، از دیگر عوامل کاهش دقت و ایجاد خطا در موقعیت دهی قطعات می باشد. معمولاً برای پیش بینی خطای ناشی از این پدیده، یک تابع خوردگی و یا تابع تغییرشکل که تابعی از زمان یا سیکل بارگذاری است را در نظر می گیرند و حتی با این روابط، دوره های تعمیر و نگهداری برای قرارها را تدوین می کنند. در شکل ۱-۵ تغییر پروفیل سطح پین قرار در اثر سایش باعث خطا در موقعیت دهی قطعه می شود[۷].



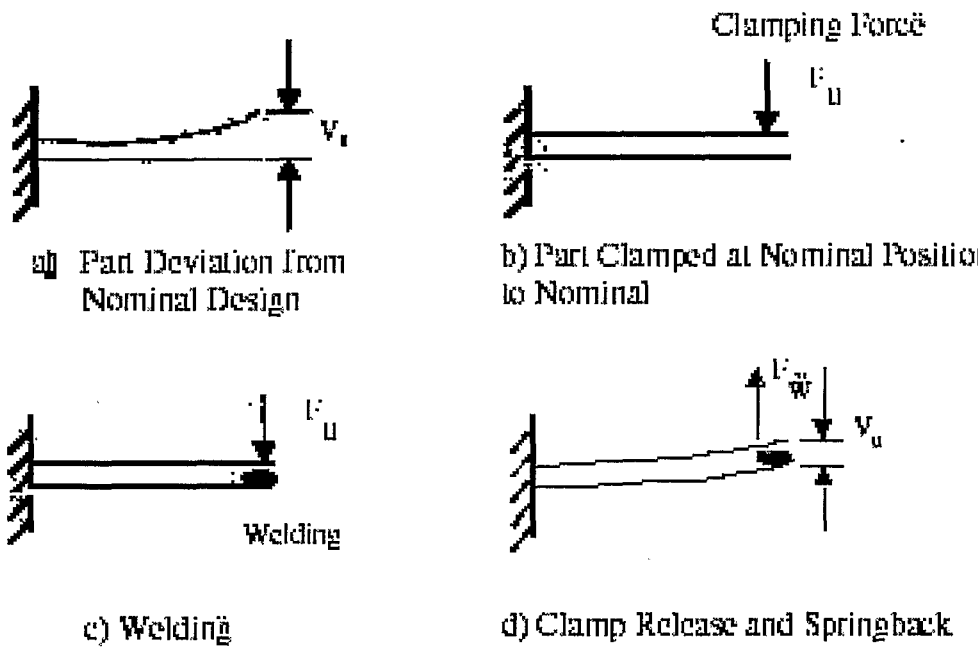
شکل ۱-۵- تغییر پروفیل سطح تماس قطعه با پین قرار در اثر خوردگی

انحراف محل قرارگیری گیره ها و فک های جوشکاری، از دیگر عوامل خطای ابزار است. میزان اثر خطای ناشی از فک های جوشکاری، بستگی به نوع این فک ها دارند. در مجموع، سه نوع فک جوشکاری در مونتاژ ورق های فلزی کاربرد دارد, فک کنترل موقعیت[2]، فک هم راستا کننده [3] و فک کنترل نیرو[4].اما آنچه متداول تر است، فک های جوشکاری کنترل موقعیت است. این فک ها به دو قطعه در محل جوش به اندازه ای کافی نیرو وارد می کنند تا دو قطعه در محل مشخص روی هم قرار گیرند، فضای خالی دو

---

[1]-Wear
[2]- Position controlled welding gun
[3]- Equalized welding gun
[4]- Force controlled welding gun

قطعه از بین رفته و سپس جوشکاری شوند. به فرض اینکه دو قطعه در محل جوشکاری با هم فاصله داشته باشند، فک جوشکاری قبل از عمل جوشکاری با اعمال نیرو به دو قطعه، آنها را در یک موقعیت نامی می رساند. سپس عمل جوشکاری را انجام می دهد. در این حالت اگر فک های جوشکاری هیچگونه خطائی نداشته باشند، دو قطعه پس از جوشکاری و رها شدن فک ها از روی قطعات بعلت پدیده "بازگشت فنری"[1] از نقطه نامی خود جا بجا می شوند. این امر یکی از پدیده های مهم در انحراف محصول مونتاژی است. شکل ۱-۶ بازگشت فنری را در اثر انحراف یکی از قطعات مونتاژی نشان می دهد. علاوه بر این در صورتیکه خود فک جوشکاری دارای انحراف بوده و بجای قراردهی قطعات در نقطه نامی، آنها را به نقطه ای دیگر می کشد، میزان نیروی بازگشت فنری تغییر کرده و باعث تغییرشکل متفاوت قطعه می شود[۸].



شکل ۱-۶ پدیده بازگشت فنری

[1] -Spring back