





دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مکانیک

## تحلیل شکل پذیری لوح ترکیبی در فرایند کشش عمیق

پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک

مهدی رحمانی

استاد راهنما

دکتر سید محسن صفوی



دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مکانیک آقای مهدی رحمانی  
تحت عنوان

### تحلیل شکل پذیری لوح ترکیبی در فرایند کشش عمیق

در تاریخ ۱۳۸۶/۴/۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

دکتر سید محسن صفوی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر ابوالفضل معصومی

۲- استاد مشاور پایان نامه

دکتر محمود فرزین

۳-استاد داور

دکتر محمود سلیمی

۴-استاد داور

دکتر محمود اشرفی زاده

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

## تشکر و قدردانی

با تشکر از اساتید محترم جناب آقای دکتر صفوی و جناب آقای دکتر معصومی و جناب آقای دکتر ابری نیا و جناب آقای دکتر شریعت پناهی و از گروه محترم صنعتی ایران خودرو که در تدوین این مجموعه و انجام این تحقیق زحمات فراوانی متقبل شده اند.  
با تشکر از مادر و همسر گرامیم که کمال همکاری را با اینجانب بعمل آوردند.

مهدی رحمانی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع  
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه  
صنعتی اصفهان است.

با احترام تقدیم می گردد به کلیه دلاورانی که در دفاعی مقدس از ناموس  
این سرزمین تا پای خون دفاع نمودند.  
و تقدیم میگردد به ساحت شهید غلامحسن رحمانی  
روحش شاد و یادش همیشه زنده باد

## فهرست مطالب

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>  |
|-------------|---|
| هشت         | فهرست مطالب   |
| ۵۵          | فهرست اشکال   |
| چهارده      | فهرست جداول   |
| ۱           | چکیده   |
| ۲           | فصل اول مقدمه                                       |
| ۲           | ۱-۱ مقدمه   |
| ۳           | ۲-۱ اهداف استفاده از TWB                            |
| ۳           | ۳-۱ فواید استفاده از TWB                            |
| ۵           | ۴-۱ جوشکاری در TWB                                  |
| ۵           | ۵-۱ انواع جوشکاری در TWB                            |
| ۵           | ۶-۱ پروسه جوشکاری لیزر و مقاومتی در TWB             |
| ۶           | ۷-۱ جوشکاری مقامتی درزی در TWB                      |
| ۷           | ۸-۱ جوشکاری لیزر در TWB                             |
| ۸           | ۹-۱ انتخاب نوع جوشکاری در TWB                       |
| ۸           | ۱۰-۱ پتانسیلهای استفاده از TWB                      |
| ۱۰          | ۱۱-۱ عملکرد بهتر قطعات با استفاده از TWB            |
| ۱۱          | ۱۲-۱ ملاحظات و محدودیتهای استفاده از TWB            |
| ۱۱          | ۱۳-۱ شکستهای احتمالی                                |
| ۱۲          | ۱۴-۱ کاهش هزینه های ناشی از استفاده از این تکنولوژی |
| ۱۳          | فصل دوم پیشینه پژوهش                                |
| ۱۷          | فصل سوم مبانی تئوری                                 |
| ۱۷          | ۱-۳ مکانیک شکل دهی فلزات                            |
| ۱۹          | ۲-۳ حدود شکل دادن                                   |
| ۱۹          | ۱-۲-۳ باریک شدن موضعی در کشیدن دو محوری             |
| ۲۴          | ۳-۳ کشش عمیق  |
| ۲۴          | ۱-۳-۳ مرحله کشش عمیق                                |
| ۲۶          | ۲-۳-۳ تنش وارده به مواد                             |
| ۲۹          | ۳-۳-۳ گرده (قطعه اولیه کشش) و ترتیب مراحل           |
| ۳۱          | ۴-۳-۳ ترتیب مراحل                                   |
| ۳۲          | ۵-۳-۳ ساختمان قالبهای کشش عمیق                      |
| ۳۴          | ۶-۳-۳ ساخت قالبهای کششی عمیق                        |
| ۳۶          | ۷-۳-۳ آزمایش نهایی قالبهای کشش عمیق                 |
| ۳۷          | ۴-۳ روش اجزای محدود                                 |
| ۳۹          | ۱-۴-۳ ویژگی اصلی المان محدود                        |

|    |   |
|----|---|
| ۴۰ | تفاوت روش تحلیل تنش صفحه ای و روش تحلیل کرنش صفحه ای                    |
| ۴۱ | نرم افزار المان محدود چه می کند؟  |
| ۴۲ | روشهای باقیمانده وزنی در تحلیل مسائل المان محدود                        |
| ۴۳ | فصل چهارم شبیه سازی کامپیوتری   |
| ۴۴ | شرایط مدل کردن مسئله  |
| ۴۴ | مدل نمودن قطعات مجموعه  |
| ۴۶ | تعریف خواص مواد   |
| ۴۹ | مونتاز مجموعه   |
| ۴۹ | شرایط مرزی  |
| ۵۱ | خصوصیات سطوح تماس   |
| ۵۱ | نوع مش بندی   |
| ۵۲ | نوع المان مورد استفاده  |
| ۵۴ | معیار شکست مورد استفاده   |
| ۵۴ | بررسی نتایج   |
| ۵۵ | بررسی حداکثر عمق کشش  |
| ۵۷ | بررسی حرکت خط جوش   |
| ۵۹ | بررسی شکل نهایی خط جوش در لحظه شکست                                     |
| ۶۱ | شکل نهایی بلنک در آستانه شکست   |
| ۶۳ | فصل پنجم آزمایشات تجربی   |
| ۶۳ | لزوم انجام آزمایشات تجربی   |
| ۶۴ | فرایند تولید قطعات  |
| ۸۵ | بررسی نتایج   |
| ۸۵ | نتایج اندازه گیری حداکثر عمق کشش  |
| ۸۵ | نتایج اندازه گیری حداکثر حرکت خط جوش                                    |
| ۸۶ | شکل نهایی بلنک  |
| ۸۸ | فصل ششم بررسی نتایج   |
| ۸۸ | تطابق نتایج حل عددی و آزمایشات تجربی در ارتباط با حداکثر عمق کشش        |
| ۹۰ | تطابق نتایج حل عددی و آزمایشات تجربی در ارتباط با حداکثر جابجایی خط جوش |
| ۹۱ | بررسی آماری نتایج حل عددی و یافتن رابطه ای برای محاسبه عمق کشش          |
| ۹۲ | نتایج بررسی آماری و ارائه رابطه رگرسیون                                 |
| ۹۴ | نتیجه گیری  |
| ۹۵ | ارائه پیشنهاد در ارتباط با ادامه پایان نامه                             |
| ۹۷ | مراجع   |
| ۹۹ | Abstract:   |



## فهرست اشکال

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>   |
|-------------|--|
| ۳           | شکل ۱-۱ نمونه ای از یک لوح ترکیبی تغییر شکل یافته.....   |
| ۶           | شکل ۲-۱ جوشکاری اشعه لیزر.....   |
| ۶           | شکل ۳-۱ جوشکاری درزی مقاومتی.....  |
| ۷           | شکل ۴-۱ جوشکاری لیزر.....  |
| ۹           | شکل ۵-۱ با طراحی تو در توی بلنک اولیه و استفاده از TWB ضایعات ورق ۲۸٪ کاهش یافته است.....                                    |
| ۱۰          | شکل ۶-۱ موارد دیگر استفاده از TWB در ورقکاری و خودروسازی.....  |
| ۱۱          | شکل ۷-۱ دو نوع شکست احتمالی در TWB.....  |
| ۱۸          | شکل ۳-۱ رابطه کرنشی که به ازای آن نخستین ترکهای لبه در مورد کاری تخت ایجاد می شود، با کاهش سطح مقطع در آزمون کشش [۱۹].....   |
| ۱۹          | شکل ۲-۳ الف ایجاد باریک شونده پخشی، ب باریک شونده موضعی، ج دستگاه مختصات موضعی [۱۹].....                                     |
| ۲۲          | شکل ۳-۳ معیارهای باریک شونده موضعی و باریک شونده پخشی که از معادله های (۳-۱۴) و (۳-۱۵) به دست می آیند، رسم شده است [۱۹]..... |
| ۲۴          | شکل ۳-۴ الف ناوه ای موازی با محور ۲. ماده درون ناوه نازکتر یا ضعیفتر از ماده بیرون آن است [۱۹].....                          |
| ۲۴          | شکل ۳-۴ ب کشیدن ورق روی سنبه زبر به شکل نیمکره. اصطکاک چسبنده فرض می شود [۱۹].....   |
| ۲۵          | شکل ۳-۵ فرایند کشش عمیق [۱۸].....  |
| ۲۶          | شکل ۳-۶ جدا کننده فنی [۱۸].....  |
| ۲۶          | شکل ۳-۷ شکاف عمیق یک قطعه کار پله دار [۱۸].....  |
| ۲۷          | شکل ۳-۸ تجسم مرحله کشش عمیق [۱۸].....  |
| ۲۷          | شکل ۳-۹ نیروها در کشش عمیق [۱۸].....   |
| ۲۸          | شکل ۳-۱۰ مراحل کشش عمیق [۱۸].....  |
| ۳۰          | شکل ۳-۱۱ اندازه های قطعه کار کششی [۱۸].....  |
| ۳۱          | شکل ۳-۱۲ گرده و مراحل کشش برای یک قطعه کار کشش چهار گوش [۱۸].....  |
| ۳۱          | شکل ۳-۱۳ روش شبکه اندازه دار [۱۸].....   |
| ۳۳          | شکل ۳-۱۴ قالب کشش عمیق برای پرسهای دوکاره [۱۸].....  |

- شکل ۳-۱۵ قالب کشش عمیق با فتر مرکزی [۱۸]..... ۳۳
- شکل ۳-۱۶ قوس گوشه های کشش و سنبه کشش [۱۸]..... ۳۴
- شکل ۳-۱۷ سنبه و نگهدارنده ورق برای کشش اولیه و بعدی [۱۸]..... ۳۵
- شکل ۳-۱۸ شکاف برشش در کشش اول و کشش بعدی [۱۸]..... ۳۵
- شکل ۳-۱۹ مجرای هوا در سنبه کشش [۱۸]..... ۳۶
- شکل ۳-۲۰ الف- مدل خطی اجزای محدود ب- مدل درجه ۲ اجزای محدود [۲۱]..... ۳۸
- شکل ۳-۲۱ صفحه سوراخدار تحت کشش [۲۱]..... ۳۹
- شکل ۳-۲۲ مدل کرنش صفحه ای یک سد [۲۱]..... ۴۱
- شکل ۴-۱ شماتیک بلنک..... ۴۵
- شکل ۴-۲ شماتیک Blank Holder..... ۴۵
- شکل ۴-۳ شماتیک ماتریس..... ۴۵
- شکل ۴-۴ شماتیک سنبه..... ۴۶
- شکل ۴-۵ شکل مجموعه کشش عمیق..... ۴۹
- شکل ۴-۶ انواع المانها..... ۵۱
- شکل ۴-۷ المانهای پوسته..... ۵۲
- شکل ۴-۸ جهت مثبت المان پوسته..... ۵۳
- شکل ۴-۹ طریقه نام گذاری..... ۵۳
- شکل ۴-۱۰ عمق کشش..... ۵۵
- شکل ۴-۱۱ مقایسه عمق کشش در نسبتهای کشش و نسبتهای ترکیب متفاوت..... ۵۷
- شکل ۴-۱۲ بررسی حداکثر جابجایی خط جوش..... ۵۸
- شکل ۴-۱۳ بررسی حداکثر جابجایی خط جوش بر اساس حل عددی در نمونه هایی با نسبتهای ترکیب و کشش مختلف..... ۵۹
- شکل ۴-۱۴ شکل نهایی خط جوش Test No.=WS..... ۵۹
- شکل ۴-۱۵ شکل نهایی خط جوش Test No.=W15..... ۶۰
- شکل ۴-۱۶ شکل نهایی خط جوش Test No.=W30..... ۶۰
- شکل ۴-۱۷ شکل نهایی خط جوش Test No.=S15..... ۶۰
- شکل ۴-۱۸ شکل نهایی خط جوش Test No.=S30..... ۶۱
- شکل ۴-۱۹ شکل نهایی بلنک در آستانه شکست..... ۶۱

- شکل ۴-۲۰ شکل نهایی بلنک در آستانه شکست ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۱ شکل نهایی بلنک در آستانه شکست ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۲ شکل نهایی بلنک در آستانه شکست ..... ۶۲
- شکل ۵-۱ نتایج آزمایشات کشش ..... ۶۵
- شکل ۵-۲ نتایج آزمایشات کشش ..... ۶۶
- شکل ۵-۴ نتایج آزمایشات کشش ..... ۶۸
- شکل ۵-۵ نتایج آزمایشات کشش ..... ۶۹
- شکل ۵-۷ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۱
- شکل ۵-۸ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۱
- شکل ۵-۹ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۲
- شکل ۵-۱۰ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۲
- شکل ۵-۱۱ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۲
- شکل ۵-۱۲ دستگاه برش و جوش لیزر ..... ۷۲
- شکل ۵-۱۳ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۴ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۵ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۶ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۷ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۸ فیکسچر جوشکاری ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۹ تست مخرب ..... ۷۵
- شکل ۵-۲۰ تست مخرب ..... ۷۵
- شکل ۵-۲۱ تست مخرب ..... ۷۶
- شکل ۵-۲۲ تست مخرب ..... ۷۶
- شکل ۵-۲۳ نقشه قالب کشش عمیق ..... ۷۶
- شکل ۵-۲۴ نقشه قالب کشش عمیق ..... ۷۷
- شکل ۵-۲۵ نقشه قالب کشش عمیق ..... ۷۷
- شکل ۵-۲۶ نقشه قالب کشش عمیق ..... ۷۸
- شکل ۵-۲۷ الف سنبه و ورقگیر ..... ۷۸

- شکل ۲۷-۵ ب سنبه و ورقگیر ..... ۷۸
- شکل ۲۷-۵ ج ماتریس ..... ۷۹
- شکل ۲۸-۵ د قالب کشش عمیق ..... ۷۹
- شکل ۲۸-۵ ه نماهایی از پرس مورد استفاده ..... ۸۰
- شکل ۲۹-۵ نمایش AIRPIN ها برای تامین نیروی ورقگیر ..... ۸۰
- شکل ۳۰-۵ استفاده از روانکار ..... ۸۱
- شکل ۳۱-۵ اندازه گیری عمق کشش ..... ۸۱
- شکل ۳۲-۵ الف و ب نمایی از دستگاه CMM ..... ۸۲
- شکل ۳۳-۵ و ۳۴-۵ اندازه گیری ابعاد گیج و علامتگذاری قطر ..... ۸۲
- شکل ۳۵-۵ و ۳۶-۵ شکل نهایی Fitting Gauge ..... ۸۳
- شکل ۳۷-۵ الف و ب قرار گیری Fitting Guage و تراز نمودن قطعه و گیج ..... ۸۳
- شکل ۳۸-۵ اندازه گیری توسط کولیس ..... ۸۳
- شکل ۳۹-۵ ابعاد Fitting Gauge ..... ۸۴
- شکل ۳۹-۵ عمق کشش تجربی ..... ۸۵
- شکل ۴۰-۵ نتایج اندازه گیری حداکثر حرکت خط جوش ..... ۸۶
- شکل ۴۱-۵ Test No.=WS ..... ۸۷
- شکل ۴۲-۵ Test No.=W1542 ..... ۸۷
- شکل ۴۳-۵ Test No.=W3043 ..... ۸۷
- شکل ۴۴-۵ Test No.=S15 ..... ۸۷
- شکل ۴۵-۵ Test No.=S3045 ..... ۸۷
- شکل ۱-۶ تطابق نتایج حل از دو روش ..... ۸۹
- شکل ۲-۶ بررسی حداکثر جابجایی خط جوش ..... ۹۱

## فهرست جداول

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۹    | جدول ۱-۱ تاثیر شکل قطعه بر مصرف مواد                              |
| ۲۵   | جدول ۱-۳ شکاف کشش بین سنبه و ماتریس                               |
| ۲۸   | جدول ۲-۳ مواد مخصوص کشش عمیق                                      |
| ۲۹   | جدول ۳-۳ مواد روغنکاری در کشش عمیق                                |
| ۳۷   | جدول ۴-۳ عیوب قطعات کشش عمیق                                      |
| ۴۶   | جدول ۱-۴ لیست آزمایشات  |
| ۴۸   | جدول ۲-۴ خواص کشسان مواد  |
| ۵۰   | جدول ۳-۴ بررسی اثرات جوشکاری بر عمق کشش ورقهای ترکیبی             |
| ۵۵   | جدول ۴-۴ مقادیر عمق کشش برای نسبت کشش $\beta = 0.6$               |
| ۵۶   | جدول ۵-۴ الف خواص مواد استفاده شده در حل عددی                     |
| ۵۶   | جدول ۵-۴ ب خواص مواد مورد استفاده در حل عددی                      |
| ۵۷   | جدول ۶-۴ محاسبه عددی عمق کشش در نسبتهای کشش و نسبتهای ترکیب مختلف |
| ۵۸   | جدول ۷-۴ بررسی حداکثر جابجایی خط جوش                              |
| ۷۲   | جدول ۱-۵ تنظیمات برش لیزر   |
| ۷۳   | جدول ۲-۵ لیست آزمایشات  |
| ۷۵   | جدول ۳-۵ تنظیمات جوشکاری لیزر                                     |
| ۸۵   | جدول ۴-۵ نتایج اندازه گیری حداکثر عمق کشش                         |
| ۸۶   | جدول ۵-۵ نتایج اندازه گیری حداکثر حرکت خط جوش                     |
| ۸۹   | جدول ۱-۶ مقادیر عمق کشش برای نسبت کشش $\beta = 0.6$               |
| ۹۰   | جدول ۲-۶ بررسی حداکثر جابجایی خط جوش                              |
| ۹۳   | جدول ۳-۶ خلاصه نتایج  |
| ۹۴   | جدول ۴-۶ بررسی رابطه تحلیلی برای محاسبه عمق کشش                   |

## چکیده

از زمان عرضه خودرو تا کنون مهندسان تلاش کرده‌اند تا بهترین و مناسب‌ترین مواد را برای تولید اجزای مختلف خودرو یافته و مورد استفاده قرار دهند. با وجود ابداع مواد جدید این سوال مطرح است که مناسبترین ماده برای ساخت بدنه خودرو کدام است. معیارهای متعددی در تشخیص بهترین ماده وجود دارد که از میان آنها ایمنی و قابلیت استفاده مجدد و ظرفیت تولید از معیارهای اصلی به شمار می‌روند. با وجود این فولاد هنوز بهترین ماده برای ساخت بدنه خودرو می‌باشد.

در ساختار بدنه خودرو فولاد دارای بیشترین کاربرد است و در ساخت اجزای شاسی از فولاد کم کربن نورد سرد شده استفاده می‌شود. خاصیت مکانیکی فولاد از دیگر فلزات نظیر آلومینیوم و نیز پلیمر برتر است. از این رو ایمنی محصول نهایی با استفاده از آن بهبود می‌یابد. خاصیت جذب انرژی عالی فولاد به دلیل ویژگی سخت شوندگی و استحکام زیاد آن در خمش باعث کاهش جراحات بوجود آمده در تصادفها می‌شود. حتی جدیدترین آلیاژهای آلومینیوم استحکامی بسیار کمتر از فولادها دارند و پلیمرها در برخورد های شدید خاصیت جذب انرژی ضعیفی دارند. هزینه تعمیر پس از تصادف نیز در پلاستیکها بسیار گران است. پس می‌توان گفت فولاد بهترین انتخاب برای ساخت بدنه می‌باشد.

تلاش مهندسان برای استفاده بهتر از مزیت های فولاد به یک راه مبتکرانه یعنی استفاده از تکنولوژی TWB در ساخت قطعات بدنه خودرو منتهی شده و از این طریق مزایای بسیاری بدست آمده است.

در این پروژه قصد بر آن است که نسبت به بررسی شکل پذیری لوح ترکیبی از ورقهای فولادی که دارای ضخامت یکسان هستند ولی از نظر جنس باهم متفاوتند، اقدام شود. در این زمینه، لوح ترکیبی که متشکل از ورقهای فولادی E335D, ST12 با ضخامت 1/2 mm توسط جوش لیزر به یکدیگر متصل شده اند، در فرآیند کشش عمیق با شبیه سازی کامپیوتری و انجام آزمایشات تجربی بررسی می‌گردند. نتایج آزمایشات تجربی و شبیه سازی کامپیوتری با هم مقایسه خواهند شد و پس از تایید مدل کامپیوتری، نسبت به بررسی لوح ترکیبی متشکل از ورقهای دیگر نیز اقدام خواهد شد. به عنوان نتیجه، حداکثر عمق کشش و جابجایی خط جوش در آستانه شکست، در لوح ترکیبی اندازه گیری می‌گردد.

در نهایت با توجه به حل کامپیوتری مسئله، نتایج در یک فرایند آماری برای یافتن رابطه ای حاکم بر عمق کشش، در لوحهای ترکیبی با توجه به خواص ورقهای پایه، در شرایط مشابه به کار خواهند رفت.

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱ مقدمه

در ابتدا در سال ۱۹۹۲ لوح ترکیبی Tailor-Welded-Blanks (TWBs) در صنعت خودرو آمریکا استفاده شد تا قطعات را یکپارچه نمایند. در نتیجه هزینه های مونتاژکاری کاهش یافته و تعداد قطعات بکار رفته در بدنه کاهش می یابد. بیان این نکته که هزینه یک نقطه جوش در بدنه سازی در تولید انبوه برابر ۲۰-۵۰ ریال است می تواند این نکته را بیش از پیش روشن نماید. این تجارت به سرعت در حال گسترش می باشد در حالی که فروش سالانه قابل انتظار برای این صنعت در حدود ۵۰۰ میلیون دلار است.

TWB<sup>۱</sup> ورق فلزی مرکبی است که از جوش دادن ورقهای فلزی که از نظر جنس و پوشش و یا ضخامت متفاوتند بدست می آید. یا به بیان دیگر یک TWB شامل دو یا بیشتر ورقهای تخت است که در یک شکل صفحه ای به هم جوش داده می شوند و سپس به یک شکل سه بعدی تغییر شکل می یابد شکل ۱-۱.

---

<sup>۱</sup> -Tailor weleded blank



شکل ۱-۱ نمونه ای از یک لوح ترکیبی تغییر شکل یافته

#### ۲-۱ اهداف استفاده از TWB

به دو جهت عمده ما از این لوحهای ترکیبی در صنعت خودرو سازی استفاده می کنیم:

- چند ورق فلزی را که به دلخواه انتخاب می شوند می توان قبل از پرسکاری توسط جوشکاری به هم متصل کرد و یک لوح ترکیبی ساخت. با ترکیب ورقهای با استحکام و یا پوشش و یا ضخامتهای مختلف مهندسی محصول و ساخت و تولید می تواند از مزایای چندین ورق مختلف در یک لوح ترکیبی استفاده نمایند.
- یکی کردن چند قطعه و در نتیجه کاهش هزینه های ابزار تولید و اپراتوری و کاهش مسائل ناشی از تعدد قطعات در تولید

#### ۳-۱ فواید استفاده از TWB

الف - قطعات کمتر:

در این نوع تکنیک بجای اینکه ابتدا پنلهایی توسط سالن پرس تولید شوند و سپس این پنلها در سالن بدنه سازی توسط جوشکاری و با استفاده از جیگهای مونتاژ کاری به هم متصل شوند، سعی می شود ابتدا پنلها در یک شکل صفحه ای به هم جوش داده شود و سپس در همان سالن پرس به یک شکل سه بعدی تغییر شکل یابند. اکثر اتصالات در بدنه سازی توسط نقطه جوش مقاومتی انجام می شود. استفاده از این نوع تکنیک می تواند تعداد نقطه جوشها را در بدنه کاهش داده و از طرفی تلرانسهای بدنه را به دلیل استفاده از جوش پیوسته به جای نقطه جوش بهبود بخشد.

ب- قالبهای کمتر:

کمتر شدن تعداد قطعات باعث می شود که تعداد قالب کمتری برای تهیه پنلهای اولیه تولید بدنه خودرو لازم باشد که خود منشا مهمی برای کاهش هزینه های اولیه و جاری تولید است.



### ج - نقطه جوش کمتر:

استفاده از این نوع تکنیک می تواند تعداد نقطه جوشها را در بدنه کاهش داده و از طرفی تفرانسهای بدنه را به دلیل استفاده از جوش پیوسته به جای نقطه جوش بهبود دهد.

### د - کاهش زمان طراحی و بهبود طراحی:

TWB می تواند پتانسیلهای طراحی را برای مهندسان و قابلیت های تولید را افزایش دهد. این مزیتها مهندسین را بر آن داشته است تا از تکنولوژی جدیدی به نام TWB در ساخت قطعات بدنه خودرو استفاده نمایند. از طرفی کمتر شدن تعداد قطعات زمان بررسی تفرانسهای بدنه و تعریف مشخصات هندسی بدنه را کاهش می دهد.

### ه - کاهش هزینه های تولید:

کمتر شدن قطعات باعث می شود زمان طراحی، تعداد قالبهای مورد استفاده، ضایعات ناشی از پرسکاری، تعداد جیگهای مورد استفاده در بدنه سازی، نقطه جوشهای مورد استفاده جهت اتصال این قطعات و البته هزینه های انبارداری و حمل و نقل قطعات کاهش چشمگیری داشته باشد. با استفاده از این تکنولوژی در صنعت خودرو سازی تعداد قطعات کمتری ولی با کاربرد بیشتری خریداری و ردیابی می شوند.

### و - کاهش وزن:

کاهش وزن یکی از موارد مهم در تولید خودرو در صنعت کنونی جهان است. زیرا کاهش در مصرف سوخت خودرو براساس کاهش وزن، هزینه های سوخت و آلودگی محیط زیست را کاهش می دهد. این مورد از جهت دولت و مصرف کنندگان خودرو بسیار مورد اهمیت است.

### ز - بهبود ابعاد هندسی بدنه:

استفاده از TWB می تواند تفرانسهای بدنه را به دلیل استفاده از جوش پیوسته به جای نقطه جوش بهبود بخشد. از طرفی کمتر شدن تعداد جیگهای مونتاژ بدنه که نیاز به نگهداری دقیق دارند نیز می تواند باعث افزایش دقت در هندسه خودرو گردد.

### ح - بهبود ایمنی بدنه خودرو:

عدم استفاده از جوشکاری نقطه ای مقاومتی در بدنه خودرو در صورت استفاده از این تکنولوژی می تواند باعث افزایش ایمنی بدنه شود.

دلیل این امر این است که این نوع جوشکاری تحت تاثیر عوامل مختلف می تواند دارای کیفیت

نامناسی باشد. از جمله این عوامل می توان به کیفیت سره گان و عملکرد کوپل تروئید و فشار باد و دمای آب و افزایش گپ بین پنلها و... اشاره کرد.

#### ۱-۴ جوشکاری در TWB

در رویه قبلی در بدنه سازی ابتدا پنلهای مختلف در PRESS SHOP تولید می شدند و پس از حمل به BODY SHOP با استفاده از جیگهای مونتاژ کاری و توسط نقطه جوش ابتدا مجموعه های کوچکتر و سپس بدنه را تشکیل می دادند. در این روش ابتدا پنلهای مختلف که از جهت ضخامت و یا جنس و یا روکش با هم متفاوتند جوشکاری می شوند و سپس در PRESS SHOP توسط قالبهای مختلف به شکل یکی از مجموعه های بدنه تولید می شوند. جوشها در فولاد عموماً دارای استحکامی بیشتر از فلز پایه هستند بطوری که موارد محلی مربوط به جوش یک بحث بحرانی نخواهد بود. در حالی که خصوصیات شکل دهی برای TWB باید طوری درک شود که بتوان قطعاتی با کیفیت بالا و هزینه معقول از نظر تولید و ابزار تولید طراحی و تولید کنیم.

#### ۱-۵ انواع جوشکاری در TWB

از چهار روش جوشکاری می توان در این تکنولوژی استفاده کرد:

الف - جوشکاری پرتولیزر با وجود یا عدم وجود ماده پر کننده

ب - جوشکاری مقاومتی درزی

ج - جوشکاری القایی فرکانس بالا

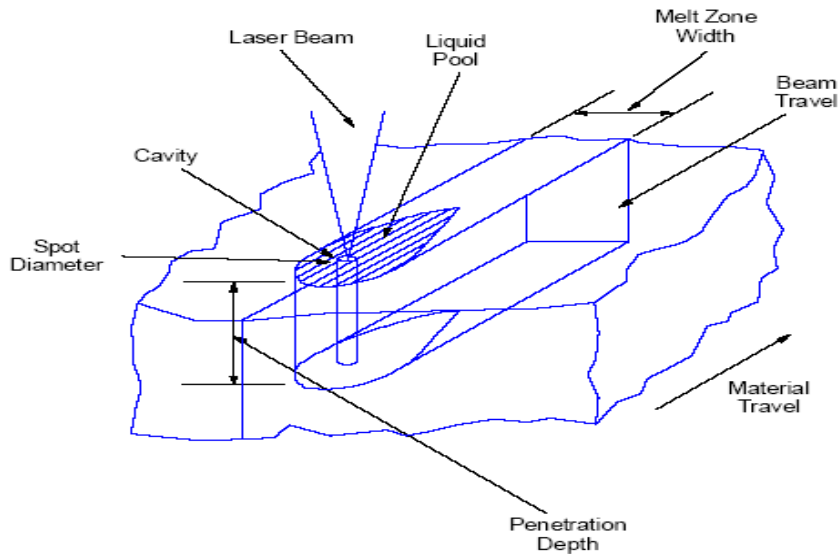
د - جوشکاری پرتو الکترون

متداولترین روشهای جوشکاری در این تکنولوژی شامل جوشکاری لیزر و مقاومتی می باشد. اگر چه فولاد های TWB می توانند با فرایند های مختلف جوشکاری تولید شوند ولی جوش لیزر از همه روشها متداول تر است.

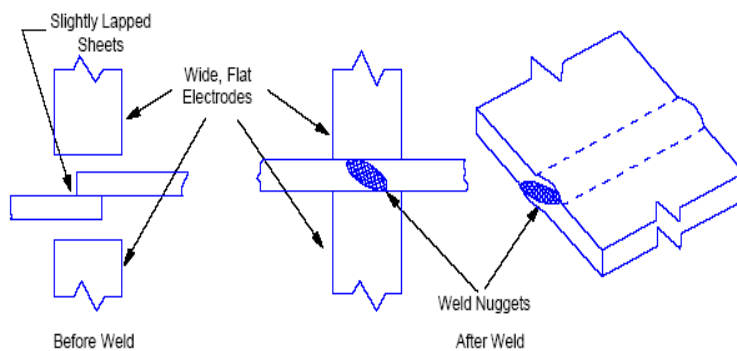
CO<sub>2</sub> و Nd: YAG (Neodymium-Yttrium Aluminum Garnet) lasers دو روش متداول جوشکاری لیزر می باشند که هر دو می توانند به طور پیوسته یا گسسته باشند. این بلنکها عموماً دارای یک خط جوش هستند که بطور مشخصی دارای استحکام و سختی بیشتر و جریان کمتری از فلز پایه هستند.

#### ۱-۶ پروسه جوشکاری لیزر و مقاومتی در TWB

در شکلهای ۱-۲ و ۱-۳ شمایی از روشهای جوشکاری مختلف جهت ساخت لوح ترکیبی نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ جوشکاری اشعه لیزر



شکل ۱-۳ جوشکاری درزی مقاومتی

### ۱-۷ جوشکاری مقامتی درزی در TWB

این نوع جوشکاری درزجوشی تولید می کند که ۱۰-۵۰٪ ضخیم تر از ورق ضخیم تر است. این ضخامت بایک صاف کردن ویاچکش کاری بعد از جوشکاری می تواند به عدد ۱۰٪ نزدیک شود. یعنی می توان توسط دو غلطک فولادی درز جوش را پرس کرد. در این روش جوشکاری HAZ تقریباً دو برابر پهنای درز جوش می باشد. با این روش می توان بین ۵۰ تا ۲۵۰۰ میلیمتر در یک راستای مستقیم جوشکاری کرد.

منطقه HAZ (HEAT AFFECTED ZONE) منطقه ای از قطعه جوشکاری شده می باشد که متاثر از گرمای ناشی از جوشکاری می باشد. کربن در این ناحیه به خاطر گرم و سرد شدن فلز پایه بین بلورها رسوب کرده و خواص فلز پایه را تغییر می دهد. بطوریکه یک منطقه بحرانی در قطعه نهایی پدید می

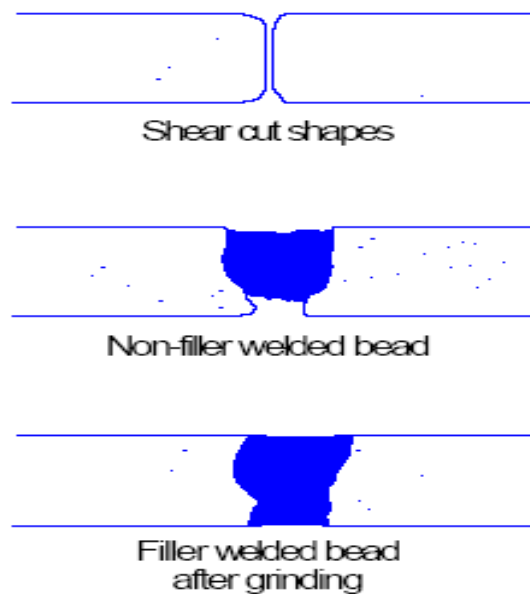
آورد. این تغییرات بعدی اهمیت دارد که لازم است بدانیم اکثر شکستها در قطعه جوشکاری شده در این منطقه به وقوع می پیوندد. این ناحیه و وسعت و خواص آن را می توان با دقت در گرم و سرد کردن قطعه تحت جوشکاری تحت کنترل در آورد.

محدودیتهای این جوشکاری عبارتند از:

- کمترین ضخامت ۰/۷ mm می باشد
- بیشترین ضخامت ۳ mm می باشد
- حد اکثر ضخامت مجموع ۵ mm می باشد
- حد اکثر نسبت ضخامت پنلها برابر ۳:۱ می باشد

#### ۸-۱ جوشکاری لیزر در TWB

در این روش جوشکاری باند منطقه HAZ کمتر است، ولی نیاز به برش دقیق لبه های پنلها دارد تا قبل از جوشکاری، گپی بین لبه های ورق موجود نباشد.



شکل ۴-۱ جوشکاری لیزر

استفاده از ماده پرکننده و صافکاری پس از جوشکاری در صورتی که دو پنل دارای ضخامت یکسان باشند، باعث می شود درز جوش نهایی کاملاً هم سطح فلز پایه شود شکل ۴-۱.

در حال حاضر می توان با این روش حدود ۳۸۰۰ mm جوشکاری کرد. البته باید توجه داشت برای جوشکاری بیشتر از ۵۰۰ mm آماده کردن لبه ها و یکی کردن آنها بسیار مشکل می شود.

محدودیتهای این جوشکاری عبارتند از: