بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس دانشگاهی

مکانیک

طراحی کاربردی

مطالعه تجربی فرایند شکل دهی ورقهای دایره ای ومستطیلی با استفاده از روش انفجار مخلوط گازها

از:

انوشیروان عطایی

استادان راهنما:

دکتر هاشم بابایی

دکتر مجید علی طاولی

استاد مشاور:

دکترابوالفضل درویزه

اسفند ۱۳۹۲

تقدیم به:

روح پاک مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق؛

پدرم که به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه کنم؛

و به همسر و پسرم، پناه خستگیم و امید بودنم

تقدیر و تشکر:

سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست و به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم.

از استادان فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای **دکتر هاشم بابایی** و جناب آقای **دکتر مجید علی طاولی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر را دارم؛

از استاد گرامی، جناب آقای **دکتر ابوالفضل درویزه**، که زحمت مشاوره این پایان نامه را متقبل شدند و بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید سپاسگزارم؛

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: فرایند شکل دهی فلزات در سرعت بالا..... ۱

۱-۱- فرایند شکل دهی فلزات ۳

۱-۲- فرایند شکل دهی فلزات در سرعت بالا ٦

۱-۲-۱. شکل دهی الکتریکی ٦

۱-۲-۱.۱. شکل دهی الکتروهیدرولیکی ٦

۱-۲-۱-۲. شکل دهی الکترومغناطیسی.....۸

۱-۲-۲- شکل دهی به روش چکش آبی.....۹

۱-۲-۳- شکل دهی ورقهای فلزی با استفاده از انرژی شیمیایی.....۱۰

۱-۲-٤- شکل دهی انفجاری به روش انرژی.....۱۲

۱-۲-۵- شکل دهی انفجاری.....۱٤

۱-۳- مواد منفجره.....۱٦

۱-۳-۱- مواد منفجره ضعیف.....۱٦

۱-۳-۲- مواد منفجره قوی.....۱۷

۱-٤- تفاوت انفجار مخلوطهای گازی و مواد منفجره جامد و مایع.....۱۷

۱-۵- موج ۱۸

۱-۵-۱- پیشروی موج شوک در فرآیند انفجار ۱۸

۱-۵-۲- پیشروی موج شوک در قطعه کار.....۱۹

۱-٦- رفتار نوسانی حباب گاز.....۲۰

۱-۷- فرآیند شکل دهی انفجاری مخروط.....۲۰

۱-۸- روشهای شکل دهی انفجاری ۲۲

۱-۸-۱- شکل دهی به روش استقرار در فاصله ۲۳

۱-۸-۲- شکل دهی به روش تماس ۲۳

۱-۸-۲-۱- سیستم های شکل دهی هوایی و آبی.....۲٤

۱-۸-۲-۲- سیستم های شکل دهی با قالب و بدون قالب.....۲٤

۱-۸-۲-۳- سیستم های شکل دهی باز و بسته.....۲۵

۱-۹- دیگرروشهای شکل دهی انفجاری..... ۲۵

فصل دوم-فرآیند شکل دهی فلزات به روش انفجار مخلوط گازها..... ۳۲

۲-۱- شرح فرآیند ۳٤

۲-۱-۱. احتراق..... ۳٤

۲-۱-۲. واکنش..... ۳٤

۲-۱-۳. سوخت گازی و سرعت شعله..... ۳۷

۲-۱-٤. انفجار ۳۸

۲-۲- فشار موج حاصل از انفجار گاز برحسب زمان..... ۳۹

۲-۳- تشکیل موج شوک (موج ضربه..... ٤۰

۲-٤- معادلات حاصل از فرآیند انفجار ٤۰

۲-٤-۱. چاپمن – ژوگت ٤۳

۲-۵- فاصله القایی در انفجار ٤٤

۲-٦- عوامل مؤثر روی طول القاء ٤۵

فصل سوم- مروری بر تحقیقات گذشته..... ٤۷

فصل چهارم- تئوری و خواص گازها و ورقها.ودستگاه شکل‌دهی انفجاری به روش مخلوط گازها..... ۵۲

٤-۱- اکسیژن ۵۳

٤-۲- استیلن ۵۳

٤-۳- فولاد ۵٤

٤-٤- آلومینیوم ۵۵

٤-۵- برنج ۵٦

٤-٦- تجهیزات نگهدارنده..... ۵۸

٤-۷- سیستم جرقه..... ۵۹

٤-۸- محفظه انفجار..... ٦۰

٤-۹- سیستم تخلیه هوا..... ٦۲

٤-۱۰-قالبها..... ٦۳

٤-۱۱-سیستم انتقال گاز و اتصالات..... ٦٤

٤-١٢-اندازه گیری‌ها..... ٦٥
٤-١٣-سیلندرهای ذخیره گاز..... ٦٥

فصل پنجم_ تحقیقات تجربی انجام شده در این پایان نامه (نتایج و بحث)..... ٧٦

٥-١-مدهای تخریب..... ٧٨
٥-٢- روشهای پیشگیری از مدهای تخریب..... ٨٠
٥-٣- آزمایشهای انجام شده در این تحقیق..... ٨٣
٥-٤- مراحل انجام آزمایش..... ٨٣
٥-٥- خواص مکانیکی مواد بکار رفته..... ٨٤
٥-٦- بررسی نتایج و مشاهدات درآزمایشها..... ٨٦
٥-٦-١- ورقهای فولادی ٨٦
٥-٦-٢- ورقهای برنجی ٨٩
٥-٦- ٣- ورقهای آلومینیومی..... ٩١
٥-٧- مقایسه و بررسی رفتار ورق‌ها با جنسهای متفاوت..... ٩٢
٥-٨- فشار شوک ناشی از انفجار) ثبت شده توسط یک سنسور پیزو الکتریک ٩٥
٥-٩- توزیع کرنش‌ها در ورق‌های تغییر شکل یافته ٩٨

فصل ششم- مدلسازی بی بعد فرایند انفجار مخلوط گازها با استفاده از روشSVD..... ١٠٢

٦-١- پیشینه تحقیقات تحلیل ابعادی در زمینه شکل دهی انفجاری ١٠٤
٦-٢-استخراج مدل ریاضی با استفاده از روش SVD..... ١٠٦
٦-٢-١- ارائه مدل بی بعد برای شکل دهی ورق‌های دایره‌ای با استفاده از روش انفجار مخلوط گازها..... ١٠٧
٦-٢-١-١- مدل خیز مرکز ورق بدون قالب..... ١٠٧
٦-٢-١-٢- مدل خیز مرکز ورق باقالب..... ١١١

فصل هفتم – نتیجه گیری و پیشنهادهای ادامه کار..... ١١٤

منابع و مراجع ١١٦

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مقایسه‌ای بین نوع ماده منفجره و روش‌های مشتعل سازی ۲۸

جدول ۱-۱- برخی مواد رایج برای ساخت قالب و نیز کاربرد آنها..... ۲۹

جدول ۲-۱- دمای احتراق سوخت‌های گازی در هوا و فشار یک اتمسفر ۳۵

جدول ۲-۲- حد احتراق مخلوط گاز و هوا..... ۳۶

جدول ۵-۱ -دسته بندی حالت‌های مختلف تخریب..... ۷۹

جدول ۵-۲- خلاصه‌ای از مشخصه و ابعاد قطعه کار و نمونه ها..... ۸۳

جدول ۵-۳- مشخصات و نتایج تست‌های انجام شده برای ورق‌های فولادی..... ۸۷

جدول ۵-٤ -مشخصات و نتایج تست‌های انجام شده برای ورق‌های برنجی..... ۸۹

جدول ۵-۵- مشخصات و نتایج تست‌های انجام شده برای ورق‌های آلومینیومی..... ۹۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- شکل دهی انفجاری..... ٤

شکل۱- ۲- یک سیستم شکل دهی الکتروهیدرولیکی..... ۷

شکل ۱-۳- یک سیستم استوانه‌ای شکل دهی الکترومغناطیسی ۹

شکل۱- ٤- شماتیکی از فرآیند شکل دهی به روش چکش آبی..... ۱۰

شکل ۱-۵- یک جبهه دتونیشن یک بعدی..... ۱۸

شکل ۱-٦- نمایش اثر برخورد موج شوک با قطعه کار..... ۱۹

شکل ۱-۷- شکل دهی انفجاری مخروط..... ۲۱

شکل ۲-۱- نمودار فشار – زمان مربوط به انفجار مخلوط اکسیژن – استیلن ٤۰

شکل ۲-۲ - مدل یک بعدی دتونیشن..... ٤۱

شکل۲-۳- پدیده دتونیشن از دید ناظر ٤۱

شکل ۲-٤-نمودار رانکین- هوگونیوت ٤۳

شکل ۳-۱- دستگاه شکل دهی با انفجار گاز ؛ دستگاه ساخته شده توسط محققین ژاپنی..... ٤۹

شکل ۳-۲-دستگاه شکل دهی با انفجار گاز ؛ دستگاه ساخته شده توسط محققین ترکیه..... ۵۰

شکل ٤-۱-تصاویری از ساختمان مولکول استیلن ۵٤

شکل ٤-۲ -مراحل ساخت دستگاه ۵۷

شکل ٤-۳- تجهیزات نگهدارنده..... ۵۸

شکل ٤-٤- تجهیزات نگهدارنده ۵۸

شکل ٤-۵- کلید جهت ایجاد جرقه..... ۵۹

شکل ٤-٦- محفظه انفجار..... ٦٠
شکل ٤-٧- درپوش جهت بسته شدن ابتدای سیلندر..... ٦١
شکل ٤-٨- درپوش انتهایی..... ٦١
شکل ٤-٩- شیر تخلیه هوا..... ٦٢
شکل ٤٥-١٠- واشر..... ٦٣
شکل ٤-١١- قالب..... ٦٣
شکل ٤- ١٢- شیرهای قطع و وصل جریان گاز..... ٦٤
شکل٤- ١٣- مانومتر..... ٦٥
شکل ٤-١٤-رگلاتور مربوط به گاز استیلن..... ٦٨
شکل ٤-١٥- یک رگلاتور گاز استیلن..... ٦٩
شکل ٤-١٦- یک رگلاتور گاز اکسیژن..... ٧٠
شکل ٤-١٧- نصب قالب در درپوش..... ٧١
شکل ٤-١٨-قرار گیری قطعه بر روی قالب..... ٧١
شکل ٤-١٩-قرارگیری موارد الف.ب و ج بر روی رینگ واسط..... ٧٢
شکل ٤-٢٠- کنترل جریان در لوله اصلی..... ٧٢
شکل ٤-٢١- کنترل فشار اکسیژن..... ٧٣
شکل ٤-٢٢- کنترل جریان اکسیژن..... ٧٣
شکل ٤-٢٣- تنظیم گاز استیلن..... ٧٤
شکل ٤-٢٤- قطعه نهایی..... ٧٥
شکل ٥-١- نمونه ای از پروفیل تغییر شکل تحت قالب ٦٠ درجه..... ٧٨
شکل ٥-٢ نمونه ای از پروفیل تغییر شکل بدون قالب..... ٧٨

شکل ۵-۳ نمونه هایی از حالتهای مختلف بروز تخریب ۸۰
شکل ۵-٤- نمونه هایی از ساختار مختلف ورق..... ۸۱
شکل ۵-۵ گیره ورق با لبه محدب..... ۸۱
شکل ۵-٦ نمونه هایی از کاربرد شبکه تقویتی در شکل دهی ورقهای مستطیلی و دایره ای..... ۸۲
شکل ۵-۷ نمونه ای از شکل دهی ورقهای ساندویچی..... ۸۲
شکل ۵-۸ نمونه ای از کاربرد جاذب انرژی از نوع فوم آلومینیومی در شکل دهی ورقهای دایره ای..... ۸۲
شکل ۵-۹ منحنی تنش و کرنش برای ورقهایی از جنس فولاد نرم..... ۸۵
شکل ۵-۱۰ منحنی تنش و کرنش برای ورقهایی از جنس آلومینیوم..... ۸۵
شکل ۵-۱۱ نمونه هایی از تغییر شکل ورقهای فولادی تحت بارگذاری انفجاری..... ۸۸
شکل ۵-۱۲ تصویری از پشت ورقهای فولادی تغییر شکل یافته ۸۸
شکل ۵-۱۳ نمونه هایی از تغییر شکل ورقهای برنجی تحت بارگذاری انفجاری..... ۹۰
شکل ۵-۱٤ تصویری از پشت ورقهای برنجی تغییر شکل یافته..... ۹۰
شکل ۵-۱۵ نمونه هایی از تغییر شکل ورقهای آلومینیومی تحت بارگذاری انفجاری..... ۹۲
شکل ۵-۱٦- نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت فشار شوک انفجاری(MPa) بدون استفاده از قالب..... ۹۳
شکل ۵-۱۷-نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت فشار شوک انفجاری(MPa)تحت زاویه راس قالب مخروطی:۱۲۰..... ۹۳
شکل ۵-۱۸-نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت فشار شوک انفجاری(MPa)تحت زاویه راس قالب مخروطی:۹۰..... ۹٤
شکل ۵-۱۹نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت فشار شوک انفجاری(MPa)تحت زاویه راس قالب مخروطی:٦۰..... ۹٤
شکل ۵-۲۰-نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش ۲۹۱۱۹۲-۲۰ در جداول ۷-۳،۷-٤،۷-۵..... ۹۵
شکل ۵-۲۱-نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش C ۲-۰٤۱۲۹۲ در جداول ۷-۳،۷-٤،۷-۵..... ۹۵
شکل ۵-۲۲-نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش ۸-۰۵۱۲۹۲در جداول ۷-۳،۷-۷،٤-۵..... ۹٦
شکل ۵-۲۳-نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش ۱۱-۰٦۱۲۹۲ در جداول ۷-۳،۷-٤،۷-۵..... ۹٦
شکل ۵-۲٤-نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش ۱۳-۰٦۱۲۹۲در جداول ۷-۳،۷-٤،۷-۵..... ۹۷

شکل ۵–۲۵–نمودار فشار زمان مر بوط به آزمایش B ۲–۰٤۱۲۹۲ در جداول ۷–۳،۷–٤،۷–۵.....۹۷

شکل ۵–۲٦-تصویر نمونه هایی از ورقهای آماده شده قبل از انجام تست.....۹۸

شکل ۵–۲۷- توزیع کرنش محیطی برای ورق فولادی آزمایش ٤–۰٤۱۲۹۲.....۹۹

شکل ۵–۲۸– توزیع کرنش محیطی برای ورق آلومینیومی آزمایش ٤–۰٤۱۲۹۲.....۹۹

شکل ۵–۲۹– توزیع کرنش محیطی برای ورق برنج آزمایش۹–۰٦۱۲۹۲.....۱۰۰

شکل ۵–۳۰– توزیع کرنش ضخامتی.....۱۰۱

شکل ٦–۱– نمودار مقایسه بین پیش بینی مدل و مقادیر اندازه گیری شده نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت آن..... ۱۱۱

شکل ٦–۲– نمودار مقایسه بین پیش بینی مدل و مقادیر اندازه گیری نسبت خیز مرکز ورق به ضخامت با قالب..... ۱۱۳

فهرست علائم اختصاری:

علامت	شرح	واحد
ε_{θ}	کرنش محیطی	بی بعد
ε_{l}	کرنش ضخامتی	بی بعد
ε_{r}	کرنش شعاعی	بی بعد
$\bar{\varepsilon}$	کرنش موثر	بی بعد
σ_{Θ}	تنش محیطی	N/mm2(Mpa)
σ_{l}	تنش ضخامتی	N/mm2(Mpa)
σ_{r}	تنش شعاعی	N/mm2(Mpa)
C	مدول دیاگرام تنش-کرنش	**بی بعد**
n	توان کرنش سختی	**بی بعد**
K	ضریب استحکام	N/mm2(Mpa)
W_v	انرژی تغییر شکل واحد حجم	J/mm3
σ_{eu}	استحکام کششی مهندسی نهایی	N/mm2(Mpa)
σ_{tu}	استحکام کششی حقیقی نهایی	N/mm2(Mpa)
ε_{eu}	کرنش مهندسی نهایی	بی بعد
ε_{tu}	کرنش حقیقی نهایی	بی بعد
F_{max}	نیروی حداکثر	KN
C_2H_2	فشار استیلن	bar
O_2	فشار اکسیژن	bar
h_c	ضخامت مرکز ورق بعد از تغییر شکل	mm
P	فشار پس از انفجار	bar
E	مدول الاستیسیته	N/mm2(Mpa)
ϑ	نسبت پواسون	بی بعد
ρ	چگالی(دانسیته)	Kg/m3

چکیده:

مطالعه تجربی فرایند شکل دهی ورقهای دایره ای ومستطیلی با استفاده از روش انفجار مخلوط گازها

انوشیروان عطایی

فرایند شکل دهی فلزات به روش انفجاری مخلوط گازها یکی از روشهای نوین شکل دهی می باشد،که ورقهای فلزی تحت اثر شوک فشار ناشی از انفجار با سرعت بالاو بار گزاری آنی در زمان کمتر از میکرو ثانیه تغییر شکل پلاستیک پیدا می کند.

سامانه شکل دهی مشتمل است بر سیلندر استوانه ای شکل ، قالبهای شکل دهی و متعلقات لازم جهت اندازه گیری.

در این پایان نامه فرآیند شکلدهی ورقهای دایره ای شکل تحت بار آنی ناشی از انفجار مخلوط گاز استیلن و اکسیژن بصورت تجربی و آزمایشگاهی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.تغییر شکل ورقها با استفاده از فشارشوک انفجار به جای سمبه انجام شده ضمن اینکه آزمایش به دو طریق با قالب مخروطی و بدون قالب انجام شده است.

در این راستا از سه جنس مختلف ورق (فولادی – آلومینیوم – برنج) با ضخامتهای متفاوت استفاده شده است.آزمایشها با درصد متفاوتی از مخلوط دو گاز استیلن و اکسیژن انجام شده است که بر این اساس اثر مقدار شوک فشار بر میزان تغییر شکل ورق مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش دیگر با استفاده از داده های تجربی مدل عددی بی بعد بر اساس الگوریتم تجزیه مقادیر منفرد SVD ارائه شده است.نتایج مدل نسبت به نتایج تجربی توافق نسبتاً خوبی دارد.

کلید واژه: شکل دهی انفجاری، ورقهای فلزی،انفجار مخلوط گازها

Abstract:

Experimental Study of Forming Process of Circular and rectangular Plates by Using Detonation Mixed Gases

Anooshirvan Ataee

Gas detonation forming of metal plates by using detonation mixed gases is one of the new forming methods in which metal plates get plastic form by the shock of detonation pressure caused by high speed explosive forming and loading in less than micro seconds.
Forming system consists of cylinders, forming die and measuring instruments

In this study, forming process of circular plates by impulses derived from mixed gases (acetylene and oxygen) detonation was investigated. To form sheet metals, a shock wave derived of gas detonation was used instead of male.The forming process was done both with cone die and without a die.

Steel, aluminum and brass plates with different thicknesses were formed. The forming process carried out with different volume ratio of acetylene and oxygen and the effect of shock of the detonation pressure on plate deformity was studied.

Experimental data from dimensionless numerical model was obtained based on singular value decomposition (svd) analytical algorithm. Results from theoretical model showed desirable similarity with experimental models.

Key Words: Explosive forming, metal plates, detonation mixed gases

فصل اول:

فرایند شکل دهی فلزات در سرعت بالا

مقدمه:

فرآیند شکل دهی با سرعت بالا، فرآیندی است که در آن مقداری انرژی در زمان کوتاهی آزاد می گردد و قطعه کار در برابر فشار زیادی قرار می گیرد [۱]وباسرعت بالایی تغییر شکل میدهد حداکثر سرعت ورق در حدود صد تا سیصد متر بر ثانیه گزارش شده است. دلایل متعددی برای ایجاد این روش ها وجود دارد که عمدتاً ناشی از مزایای این فرایندها نسبت به روش های سنتی است.

برخی از این دلایل به شرح زیر است:

- حجم تولید کم،
- عملیات ماشین کاری سنتی سنگین و گران قیمت،
- قطعات آزمایشی با پروفیل پیچیده و تلرانس های نازل و دقیق،
- مشکل بودن شکل دهی برخی از آلیاژهای خاص نظیر، تیتانیوم و فولاد زنگ نزن کار سخت پذیر توسط روش های سنتی
- سرمایه گذاری اولیه اندک برای تجهیزات مورد نیاز و ارزان بودن این روش ها نسبت به روش های سنتی در برخی موارد. [٤]

۱-۱-فرایند شکل دهی فلزات:

فرآیند شکل دهی فلزات یکی از انواع فرآیندهای تولید می باشد. در این فرآیند، فلز در اثر اعمال نیرو و ایجاد تغییر شکل مومسان (تغییر شکل پلاستیک هنگامی که بار وارده از حد معینی گذشته (تنش تسلیم) ماده با سرعت بیشتری تغییر شکل می دهد و بخشی از تغییر شکل پس از برداشتن بار باقی می ماند بدین بخش از تغییر شکل، تغییر شکل موم سان و یا تغییر شکل پلاستیک گفته می شود؛ در آن از یک شکل ساده به شکل نهایی مورد نظر می رسد)[۲۰].

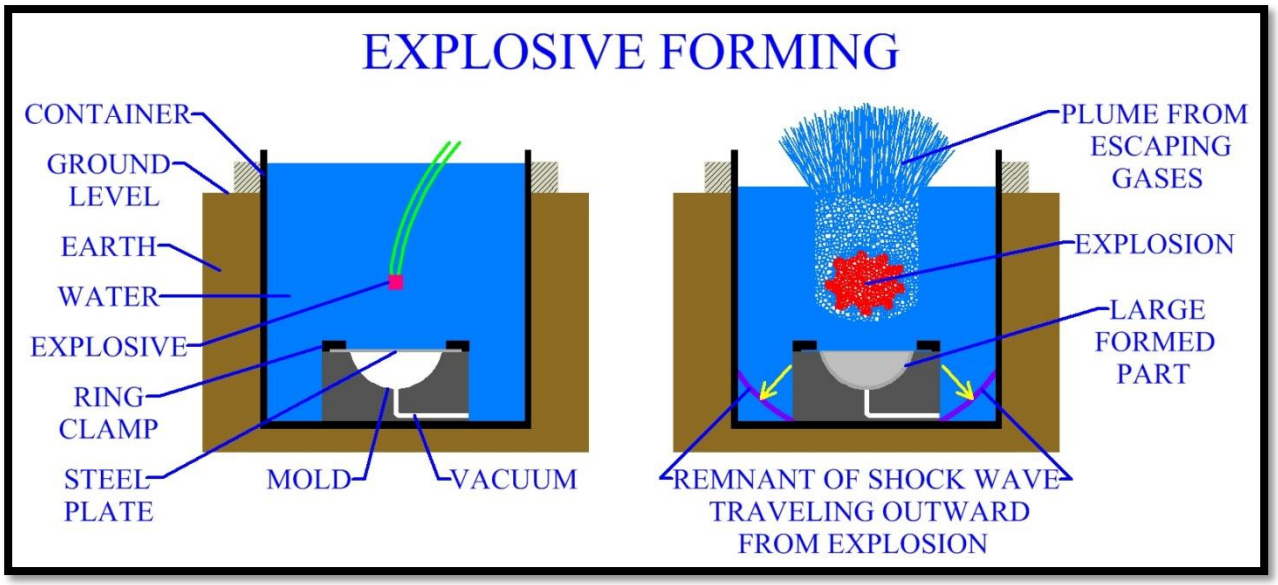
فرآیندهای شکل دهی به دو دسته تقسیم می شوند:

الف) شکل دهی ورقی مانند کشش عمیق و خمکاری.

ب) شکل دهی حجمی مانند آهنگری و نوردکاری .

فرآیندهای شکل دهی ورقهای فلزی با فرآیندهای شکل دهی حجمی متفاوت هستند. در فرآیندهای شکل دهی ورقی، ماده اولیه یک ورق فلزی است، در حالیکه در فرآیندهای شکل دهی حجمی ماده اولیه حالت سه بعدی دارد. در فرآیند شکل دهی ورقی یک تغییر شکل مومسان بر روی ورق مسطح ایجاد شده و یک قطعه با شکل خاص به دست می آید. این تغییر شکل مومسان در اثر اعمال نیروی خارجی بر روی ورق فلزی ایجاد می گردد. نیروی خارجی که عامل این تغییر شکل است باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا ماده را وارد ناحیه مومسان کرده و بعد از برداشتن نیرو از روی ورق، تغییر شکل دائمی در آن به وجود آورد. فرآیندهای مختلفی مانند کشش عمیق ، خمکاری ، و شکل دهی انبساطی و ... از این نوع شکل دهی هستند .

در فرآیندهای شکل دهی ورقی، کشش وجود دارد، در حالیکه فرآیندهای شکل دهی حجمی اغلب فشاری هستند. فرآیند شکل دهی انفجاری مورد بحث در پروژه حاضر، یکی از انواع روشهای شکل دهی فلزات در سرعت بالاست. این فرآیند برای شکل دهی ورقی مورد استفاده قرار می گیرد.[۱]



شکل ۱-۱- شکل دهی انفجاری

روشهای شکل دهی با نرخ انرژی بالا نسبت به شیوه های سنتی برتریهایی دارد که مهمترین آنها عبارت است از:

- امکان تولید قطعات با ابعاد بزرگ.
- سهولت تولید قطعات از مواد ویژه که با شیوه های سنتی به آسانی شکلدهی آنها امکانپذیر نیست.
- امکان ساخت قطعاتی که به دلیل اندازه یا جنس نمی توان آنها را با روشهای معمولی تولید کرد.
- امکان به دست آوردن دقت بیشتر نسبت به روش سنتی.
- کاهش بهای ساخت قطعات در تعداد کم.
- کوچکی ابزار مورد نیاز برای شکل دهی قطعات بزرگ

اگر چه روشهای فوق کاملاً تجر بی بوده و برای دستیابی به نتایج دلخو اه، به انجام آزمایشهایی گوناگون نیاز است ؛ لیکن به کارگیری روشهای بهینه سازی نظیر روش داده پردازی گروهی به منظور گزینش پارامترهای مؤثر، توانسته است موجب تسریع در دستیابی به اهداف آزمایش شود[٦]

همچون سایر روش های شکل دادن سریع پر انرژی[1] ، هزینه ابزار در این روش پایین است و برای انجام آن نیاز به ماشین آلات گران قیمت نیست. تقریبا هیچ محدودیتی نیز برای اندازه قطعه کار در این روش وجود ندارد. به عنوان مثال برای تولید یک گنبد بیضوی شکل به قطر ۳ متر با این روش، فقط به یک مخزن آب در داخل زمین که قطعه کار در عمق ۲ متری آن قرار می گیرد و یک قالب ماده که غالبا ازمواد ارزان قیمت چوب، پلاستیک یا آلیاژهای زودگداز تهیه می شود، نیاز است.

تنوع در فرم اولیه قطعه کار ، قابلیت شکل دهی ورق ها و لوله ها حتی در حالت جوشکاری شده و همچنین جایگزینی برای چندین عملیات همچون کشش عمیق و اسپینینگ و جوشکاری های متعدد تنها با یک بار عملیات, این روش شکل دهی را برای تولید محدود و تک بسیار مناسب کرده است.

تا کنون به روش شکل دهی انفجاری, گستره ی از ضخامت های متنوع از۰.۳ mm آلومینیوم تا۶۰ mm فولاد ضد زنگ و همچنین مواد مختلف همچون آلومینیوم، تیتانیوم، فولاد ضد زنگ و نیکل با موفقیت شکل دهی شده اند. این گستره را نمی توان محدود به حساب آورد و بنابر این می توان گفت ، روش شکل دهی انفجاری محدودیتی در ابعاد، فرم ، جنس ماده و ضخامت قطعه ندارد.

هرچند این فرآیند مزایای متعددی دارد، ولی عیب هایی نیز در آن مشاهده می شود.

ممکن است قطعه کار در یک بار عملکرد، شکل نهایی را پیدا نکند و باتوجه به انفجار ایجاد شده در این فرآیند، صدای حاصل ممکن است ناراحت کننده باشد. همچنین اجازه استفاده از مواد منفجره قوانین دولتی خاصی دارد. این دو مساله ایجاب می کند که تجهیزات شکل دادن انفجاری در مکان خاصی نصب شود.

در این شرایط هزینه های حمل و نقل افزایش می یابد و پرسنل مورد نیاز در فرآیند شکل دادن انفجاری، باید کاملا در استفاده از مواد منفجره ماهر باشند[۱۶]

[1] HERF – High Energy Rate Forming