



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
دانشکده مهندسی مکانیک

عنوان:

شبیه سازی اجزای محدود و مطالعه تجربی بر روی شکل دهی فنجان های نیم کروی با
استفاده از فرآیند هیدروفرمینگ

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک - ساخت و تولید

اساتید راهنما:

دکتر محمد بخشی

دکتر سلمان نوروزی

استاد مشاور:

مهندس عبدالحمید گرجی

نگارش:

بهروز زارع

شهریور ۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر نتیجه بیش از یک سال تلاش مداوم و پیوسته نگارنده بوده است که دستیابی به آن، جز با عنایت پروردگار متعال و با راهنمایی و مساعدت دیگران ممکن نبود. اینجانب لازم می دانم تا از اساتید راهنمای عزیزم، جناب آقای دکتر محمد بخشی و جناب آقای دکتر سلمان نوروزی، که از انجام هیچ کوششی در انجام این پژوهش دریغ نفرمودند و همواره مشوق و پشتوانه علمی اینجانب بودند، و روحیه دانش آموزی و پشتکار را در من تقویت کردند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از مساعدت‌ها و راهنمایی‌های جناب آقای مهندس گرجی کمال تشکر را دارم.

از مسئولین محترم کارگاه ماشین افزار دانشگاه آقایان مهندس قربان محمد علینژاد، مهندس جمشید صادقی و مهندس میانسری که علاوه بر کمک‌های بی دریغشان در زمینه کارگاهی، همواره دلسوزانه مرا از راهنمایی‌ها و تجارب خود بهره‌مند ساختند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان بر خود لازم می دانم از تمامی دوستان و عزیزانی که با همفکری و مساعدت خود مرا در انجام این پژوهش یاری فرمودند تشکر و قدردانی نمایم.

سلامتی و بهروزی همه این عزیزان را آرزومندم.

بهروز زارع

شهریور ماه ۱۳۹۰

تقدیم به :

پدر و مادرم

همانها که دستهای پر مهرشان همواره حمایتگرم بوده

و امروزم را در گرو نگاه مهربانشان می دانم

و صمیمانه دوستشان دارم

چکیده

هیدروفرمینگ ورق یکی از فرآیندهای جدیدی است که در آن از سیال پر فشار به عنوان واسطه شکل‌دهی استفاده می‌گردد. در مقایسه با فرآیندهای شکل‌دهی سنتی، هیدروفرمینگ ورق از مزایای زیادی همچون بهبود شکل‌پذیری (نسبت کشش بالا)، کیفیت سطحی بهتر، دقت ابعادی بالا و قابلیت شکل‌دهی قطعات پیچیده برخوردار است.

در این پژوهش، شکل‌دهی قطعات نیم‌کروی با بدنه استوانه‌ای در فرآیند کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی به صورت تجربی و شبیه‌سازی اجزای محدود مورد مطالعه قرار گرفته است. نرم افزار اجزای محدود ABAQUS برای شبیه‌سازی فرآیند شکل‌دهی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام مطالعات تجربی گرده-هایی به قطر 80 mm از ورق‌هایی با جنس‌های مس خالص و آلایژ آلومینیومی Al6063 در دو حالت عملیاتی حرارتی Al6063-T4 و Al6063-O آماده‌سازی گردیده و بدین ترتیب شکل‌دهی قطعات نیم‌کروی- استوانه‌ای از جنس‌های مختلف و تحت اعمال مسیرهای فشار مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. مشاهده شد که مسیر فشار اعمالی تاثیر بالایی در شکل‌دهی یک قطعه سالم دارد، بطوریکه با اعمال مسیرهای فشار با فشار بیشینه پایین، عیوب پارگی و چروکیدگی در نمونه‌های شکل داده شده مشاهده گردید. شکل-دهی قطعات سالم و با دقت ابعادی مناسب با استفاده از مسیرهای فشار با فشار نهایی بالاتر امکان‌پذیر می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی‌ها و آزمایشات تجربی نشان دادند که افزایش فشار نهایی تا یک مقدار مشخصی منجر به بهبود و یکنواخت شدن توزیع ضخامت قطعات شکل داده شده می‌گردد. اعمال فشار بالاتر از یک مقدار مشخص، تاثیری در بهبود ضخامت نداشته و حتی می‌تواند باعث تشدید کاهش ضخامت نمونه‌های شکل داده شده گردد. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی اجزای محدود نشان داد که اعمال فشار پیش‌بشکه‌ای تاثیر چندانی در بهبود توزیع ضخامت قطعات نیم‌کروی- استوانه‌ای ندارد. مطابقت قابل قبولی مابین نتایج شبیه‌سازی با نتایج تجربی وجود داشته است. بنابراین شبیه‌سازی اجزای محدود می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای تحلیل این فرآیند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: هیدروفرمینگ ورق، قطعات نیم‌کروی- استوانه‌ای، کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی، شبیه‌سازی اجزای محدود.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- معرفی فرآیند	۳
۱-۲-۱- هیدروفرمینگ لوله	۴
۲-۲-۱- هیدروفرمینگ ورق	۶
۱-۲-۲-۱- هیدروفرمینگ استاندارد ورق	۸
۲-۲-۲-۱- کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق	۱۰
۳-۲-۲-۱- کشش عمیق هیدرودینامیکی ورق	۱۰
۴-۲-۲-۱- کشش عمیق هیدروریم ورق	۱۱
۵-۲-۲-۱- کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی ورق	۱۲
۳-۱- مزایا و محدودیت‌های فرآیند هیدروفرمینگ ورق	۱۳
۴-۱- مروری بر پژوهش‌های انجام شده در زمینه تولید قطعات نیم‌کروی به روش هیدروفرمینگ	۱۴
۵-۱- اهداف پژوهش	۳۲
فصل دوم: کارهای تجربی و آزمایشگاهی	۳۳
۱-۲- مقدمه	۳۴
۲-۲- معرفی قطعه کار نیم‌کروی- استوانه‌ای مورد مطالعه	۳۴
۳-۲- معرفی دستگاه و تجهیزات استفاده شده در آزمایشات	۳۵
۴-۲- قالب کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی	۳۶
۱-۴-۲- سنبه	۳۷
۲-۴-۲- ورق گیر	۳۸
۳-۴-۲- محفظه فشار	۳۸
۴-۴-۲- اجزای سیستم تولید فشار	۳۸
۵-۲- تعیین خواص مکانیکی ورق	۳۹
۶-۲- مراحل انجام آزمایش در قالب هیدرودینامیکی با فشار شعاعی	۴۱
۷-۲- وسایل اندازه‌گیری	۴۳
فصل سوم: شبیه‌سازی اجزای محدود	۴۴
۱-۳- مقدمه	۴۵
۲-۳- معرفی نرم افزار شبیه‌سازی	۴۵
۳-۳- مراحل شبیه‌سازی	۴۷

۴۸	۱-۳-۳- ایجاد مدل هندسی.....
۴۸	۲-۳-۳- خصوصیات ماده (ورق).....
۵۱	۳-۳-۳- مونتاژ قطعات.....
۵۲	۴-۳-۳- مراحل شکل‌دهی.....
۵۲	۵-۳-۳- تعیین خصوصیات و نوع تماس مابین سطوح.....
۵۳	۶-۳-۳- شرایط مرزی و بارگذاری.....
۵۴	۷-۳-۳- المان بندی.....
۵۶	۸-۳-۳- تحلیل فرآیند.....
۵۸	فصل چهارم: نتایج و بحث.....
۵۹	۱-۴- مقدمه.....
۵۹	۲-۴- عیوب مورد بررسی در این پژوهش.....
۵۹	۳-۴- بررسی تاثیر مسیر فشار.....
۶۲	۱-۳-۴- تاثیر مسیر فشار بر روی پارگی و چروکیدگی قطعه نیم‌کروی - استوانه‌ای.....
۶۲	۱-۱-۳-۴- آلیاژ آلومینیومی Al6063-T4.....
۶۶	۲-۱-۳-۴- آلیاژ آلومینیومی Al6063-O.....
۶۸	۳-۱-۳-۴- مس خالص (۹۹.۹٪).....
۶۹	۲-۳-۴- تأثیر مسیر های فشار مختلف بر توزیع ضخامت قطعات.....
۷۰	۱-۲-۳-۴- بررسی توزیع ضخامت قطعات از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-T4.....
۷۵	۲-۲-۳-۴- توزیع ضخامت قطعات از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O.....
۷۹	۳-۲-۳-۴- توزیع ضخامت قطعات از جنس مس خالص.....
۸۳	۳-۳-۴- تاثیر فشار پیش بشکه‌ای بر روی توزیع ضخامت قطعات نیم‌کروی - استوانه‌ای.....
۸۶	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۸۷	۱-۵- نتیجه‌گیری.....
۸۹	۲-۵- پیشنهادات.....
۹۰	مراجع.....

- شکل ۱-۱ تقسیم‌بندی کلی روشهای شکل‌دهی با استفاده از ابزار نرم [۳]..... ۴
- شکل ۱-۲ شماتیک مراحل مختلف هیدروفرمینگ لوله [۴]..... ۵
- شکل ۱-۳ نمونه‌هایی از قطعات تولید شده با استفاده از هیدروفرمینگ لوله [۵ و ۳]..... ۶
- شکل ۱-۴ حالت‌های مختلف استفاده از سیال در فرآیند هیدروفرمینگ ورق [۷]..... ۸
- شکل ۱-۵ نمونه‌ای از قطعات تولید شده با استفاده از روش هیدروفرمینگ ورق [۸]..... ۸
- شکل ۱-۶ شماتیک فرآیند هیدروفرمینگ استاندارد ورق [۱۰]..... ۹
- شکل ۱-۷ شماتیک فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق [۱۳]..... ۱۰
- شکل ۱-۸ شماتیک فرآیند کشش عمیق هیدرودینامیکی ورق [۱۵]..... ۱۱
- شکل ۱-۹ تصویر شماتیک فرآیند کشش عمیق هیدروریم ورق [۲]..... ۱۲
- شکل ۱-۱۰ تصویر شماتیک فرآیند کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی ورق [۱۶]..... ۱۳
- شکل ۱-۱۱ ناحیه بدون تکیه‌گاه و مستعد برای پارگی و چروکیدگی..... ۱۴
- شکل ۱-۱۲ پارگی و چروکیدگی ایجاد شده در شکل‌دهی قطعات نیم‌کروی با روش کشش عمیق معمولی [۱۷]..... ۱۵
- شکل ۱-۱۳ مقایسه نتایج بدست از تحقیقات هسو و هسیه با نتایج حاصل از تحقیقات لو و همکارانش [۲۰]..... ۱۶
- شکل ۱-۱۴ بررسی تجربی صحت محدوده کاری بدست آمده از روابط تحلیلی با استفاده از جنس‌های فولادی [۲۰]..... ۱۷
- شکل ۱-۱۵ تاثیر خواص شکل‌پذیری بر روی مکان هندسی حد بالایی و پایینی فشار [۲۰]..... ۱۷
- شکل ۱-۱۶ شکل کلی مسیر فشار بهینه تخمین زده شده توسط شیم و یانگ [۲۲]..... ۱۹
- شکل ۱-۱۷ نمونه‌های شکل داده شده با اعمال مسیر فشار با فشار نهایی ۱۷ و ۲۲ MPa [۲۲]..... ۲۰
- شکل ۱-۱۸ (الف) - منحنی فشار اعمال شده و (ب) - فشار شعاعی مستقل مورد استفاده در شبیه‌سازی ها [۲۳]..... ۲۱
- شکل ۱-۱۹ نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی ها [۲۳]..... ۲۲
- شکل ۱-۲۰ (الف) - توزیع ضخامت نمونه شکل داده با استفاده از مسیر فشار شعاعی ۵۵ MPa (ب) -
منحنی‌های توزیع ضخامت بدست آمده برای قطعات شکل داده شده با استفاده از اعمال مسیر های فشار
شعاعی ۲ تا ۶ [۲۳]..... ۲۳
- شکل ۱-۲۱ وضعیت کرنش متناظر برای مسیرهای فشار شعاعی مختلف [۲۳]..... ۲۴
- شکل ۱-۲۲ کاهش چروکیدگی در محدوده فلنج: (چپ) فشار ۹ MPa ، (راست) ۳۲ MPa [۲۴]..... ۲۵
- شکل ۱-۲۳ قطعه کشیده شده با سرعت $120 \frac{mm}{min}$ (راست) شبیه‌سازی (چپ) تجربی [۲۴]..... ۲۵
- شکل ۱-۲۴ نمونه قطعه پاره شده در آزمایشات و شبیه‌سازی [۲۴]..... ۲۶
- شکل ۱-۲۵ مقایسه تغییرات ضخامت برای فشارهای مختلف [۲۴]..... ۲۷
- شکل ۱-۲۶ انواع شکست در مراحل مختلف هیدروفرمینگ ورق [۲۵]..... ۲۷
- شکل ۱-۲۷ انواع چروکیدگی (شکل چپ) - چروکیدگی فلانچ (شکل راست) - چروکیدگی بدنه [۲۵]..... ۲۸
- شکل ۱-۲۸ رابطه بین فشار شعاعی و فاصله شکاف g [۲۵]..... ۲۹

- شکل ۱-۲۹ نمودار تغییرات فشار در اثر اعمال فشار پیش بشکهای [۲۵]..... ۲۹
- شکل ۱-۳۰ شماتیک روش‌های مختلف پیش بشکهای کردن [۲۵]..... ۳۰
- شکل ۱-۳۱ نمودارهای تأثیر فشار و ارتفاع پیش بشکهای کردن بر نسبت کشش [۲۵]..... ۳۰
- شکل ۱-۳۲ نمودار ناحیه مجاز شکل‌دهی کورس‌های مختلف سنبه [۲۵]..... ۳۱
- شکل ۱-۳۳ رابطه بین ماکزیمم فشار محفظه و نسبت کشش [۲۵]..... ۳۱
- شکل ۲-۱ نقشه قطعه نیم‌کروی- استوانه‌ای مورد بررسی در این پژوهش (ابعاد بر حسب میلی‌متر)..... ۳۴
- شکل ۲-۲ دستگاه آزمایش اونیورسال (DMG)..... ۳۵
- شکل ۲-۳ واحد هیدرولیکی تامین فشار اولیه..... ۳۵
- شکل ۲-۴ تصویر شماتیک قالب کشش عمیق هیدرودینامیکی با فشار شعاعی استفاده شده در این پژوهش..... ۳۶
- شکل ۲-۵ اجزای مختلف قالب کشش عمیق هیدرودینامیکی استفاده شده در این پژوهش..... ۳۷
- شکل ۲-۶ اجزای سیستم هیدرولیک مورد استفاده در آزمایشات..... ۳۹
- شکل ۲-۷ نقشه مهندسی نمونه‌های اولیه تهیه شده برای انجام آزمون کشش طبق استاندارد ASTM..... ۳۹
- شکل ۲-۸ نمونه‌های آزمون کشش به ترتیب در جهت صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه نسبت به جهت نورد برای ورق‌های مسی..... ۴۰
- شکل ۲-۹ نمودار تنش- کرنش حقیقی حاصل از آزمایش کشش در جهت نورد..... ۴۱
- شکل ۲-۱۰ منحنی نمونه فشار سیال - جابجایی سنبه در این پژوهش..... ۴۲
- شکل ۲-۱۱ دستگاه ضخامت سنج *Kroepelin*..... ۴۳
- شکل ۳-۱ هندسه اجزای قالب و گرده در شبیه‌سازی..... ۴۹
- شکل ۳-۲ مونتاژ اجزای قالب و ورق در شبیه‌سازی..... ۵۱
- شکل ۳-۳ شرایط مرزی اعمال شده به ورق و اجزای قالب در شبیه‌سازی..... ۵۳
- شکل ۳-۴ شرایط مرزی فشار، P_S فشار محفظه، P_R فشار در ناحیه فلنج ورق [۲۶]..... ۵۴
- شکل ۳-۵ المان بندی اجزای مختلف قالب و ورق اولیه..... ۵۵
- شکل ۴-۱ مسیرهای فشار برای فشارهای نهایی گوناگون P_{max} در شبیه‌سازی..... ۶۰
- شکل ۴-۲ نواحی بحرانی در قطعه نیم‌کروی- استوانه‌ای..... ۶۱
- شکل ۴-۳ مقطع برش خورده قطعه نیم‌کروی- استوانه‌ای جهت اندازه‌گیری ضخامت..... ۶۲
- شکل ۴-۴ نمونه شکل داده شده از جنس Al6063-T4 بدون فشار سیال و وقوع پارگی در ناحیه A..... ۶۲
- شکل ۴-۵ مسیر فشار متناظر با فشار بیشینه ۵ MPa..... ۶۳
- شکل ۴-۶ نمونه شکل داده شده از جنس Al6063-T4 با مسیر فشار نهایی ۵ MPa و وقوع پارگی در ناحیه A..... ۶۴
- شکل ۴-۷ مسیر فشار متناظر با فشار بیشینه ۱۰ MPa..... ۶۴
- شکل ۴-۸ نمونه شکل داده شده از جنس Al6063-T4 با مسیر فشار نهایی ۱۰ MPa و وقوع پارگی در ناحیه بحرانی B الف- تجربی، ب- شبیه‌سازی..... ۶۵
- شکل ۴-۹ مسیر فشار متناظر با فشار بیشینه ۱۵ MPa..... ۶۵
- شکل ۴-۱۰ نمونه شکل داده شده از جنس Al6063-T4 با مسیر فشار نهایی ۱۵ MPa..... ۶۶
- شکل ۴-۱۱ آلیاژ Al6063-O شکل داده شده بدون فشار سیال و وقوع پارگی در ناحیه B..... ۶۷
- شکل ۴-۱۲ آلیاژ Al6063-O شکل داده با فشار بیشینه ۲ MPa و وقوع پارگی در ناحیه بحرانی B..... ۶۷

- شکل ۴-۱۳ آلیاژ Al6063-O شکل داده با فشار نهایی ۶.۵ MPa الف- تجربی ب- شبیه سازی ۶۸
- شکل ۴-۱۴ نمونه مسی شکل داده بدون فشار سیال الف- تجربی ب- شبیه سازی ۶۸
- شکل ۴-۱۵ چروکیدگی در قطعات مسی شکل داده شده تحت اعمال فشارهای نهایی مختلف ۶۹
- شکل ۴-۱۶ منحنی توزیع ضخامت نمونه شکل داده شده از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-T4 برای مسیر فشار با فشار بیشینه ۱۵MPa ۷۰
- شکل ۴-۱۷ منحنی توزیع ضخامت حاصل از شبیه سازی برحسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-T4 ۷۲
- شکل ۴-۱۸ منحنی توزیع ضخامت حاصل از آزمایشات تجربی بر حسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-T4 ۷۲
- شکل ۴-۱۹ منحنی تغییرات بیشترین کاهش ضخامت ناحیه A بر حسب فشار بیشینه برای آلیاژ آلومینیومی Al-6063-T4 ۷۳
- شکل ۴-۲۰ منحنی تغییرات بیشترین کاهش ضخامت ناحیه B بر حسب فشار بیشینه برای آلیاژ آلومینیومی Al-6063-T4 ۷۴
- شکل ۴-۲۱ توزیع ضخامت بدست آمده از نتایج شبیه سازی و تجربی برای مسیر فشار با فشار بیشینه ۳۴ MPa به همراه نمونه عملی شکل داده شده، برای آلیاژ آلومینیومی Al-6063-T4 ۷۴
- شکل ۴-۲۲ منحنی توزیع ضخامت نمونه شکل داده شده از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O برای مسیر فشار با فشار بیشینه ۶.۵MPa ۷۵
- شکل ۴-۲۳ منحنی توزیع ضخامت حاصل از شبیه سازی برحسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O ۷۶
- شکل ۴-۲۴ منحنی توزیع ضخامت حاصل از آزمایشات تجربی برحسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O ۷۷
- شکل ۴-۲۵ منحنی تغییرات بیشترین کاهش ضخامت ناحیه A بر حسب فشار بیشینه برای قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O ۷۸
- شکل ۴-۲۶ منحنی تغییرات بیشترین کاهش ضخامت ناحیه B بر حسب فشار بیشینه برای قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس آلیاژ آلومینیومی Al6063-O ۷۸
- شکل ۴-۲۷ توزیع ضخامت بدست آمده از نتایج شبیه سازی و تجربی برای مسیر فشار با فشار بیشینه ۱۵MPa به همراه نمونه عملی شکل داده شده، برای آلیاژ آلومینیومی Al-6063-O ۷۹
- شکل ۴-۲۸ منحنی توزیع ضخامت نمونه‌های شکل دهی شده از جنس مس خالص برای مسیرهای فشار با فشار بیشینه ۱MPa- (الف) و ۸.۵MPa- (ب) ۸۰
- شکل ۴-۲۹ منحنی توزیع ضخامت حاصل از نتایج شبیه سازی برحسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس مس خالص ۸۱
- شکل ۴-۳۰ منحنی توزیع ضخامت حاصل از آزمایشات تجربی برحسب فشار نهایی در قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از جنس مس خالص ۸۱
- شکل ۴-۳۱ منحنی تغییرات بیشترین کاهش ضخامت در نواحی بحرانی قطعات نیم کروی- استوانه‌ای از

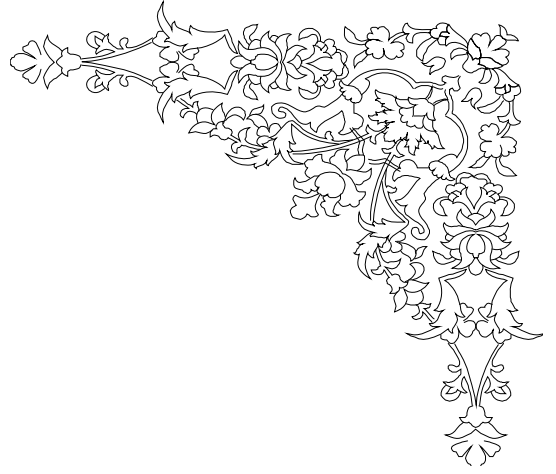
- ۸۲.....جنس مس خالص.....
- شکل ۴-۳۲ توزیع ضخامت بدست آمده از نتایج شبیه سازی و تجربی برای مسیر فشار با فشار بیشینه 25 MPa
- ۸۳.....به همراه نمونه عملی شکل داده از جنس مس خالص.....
- شکل ۴-۳۳ تغییرات مسیر فشار با اعمال فشار پیش - بشکهای.....
- شکل ۴-۳۴ تاثیر فشار پیش بشکهای بر روی ماکزیمم نازک شدگی در نواحی بحرانی (الف) - آلیاژ آلومینیومی
- ۸۵.....Al6063-T4 (ب) - آلیاژ آلومینیومی Al6063-O (ج) - مس خالص.....

فهرست جداول

صفحه

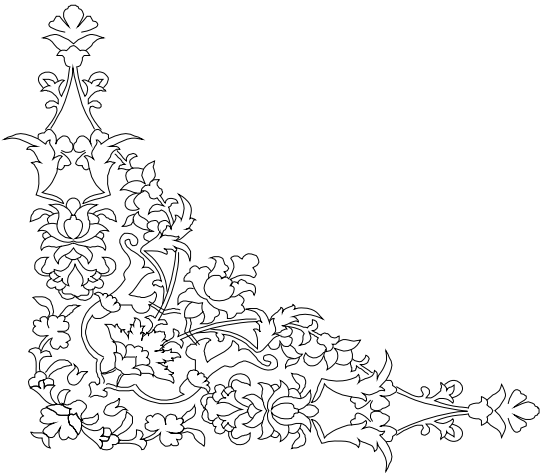
عنوان

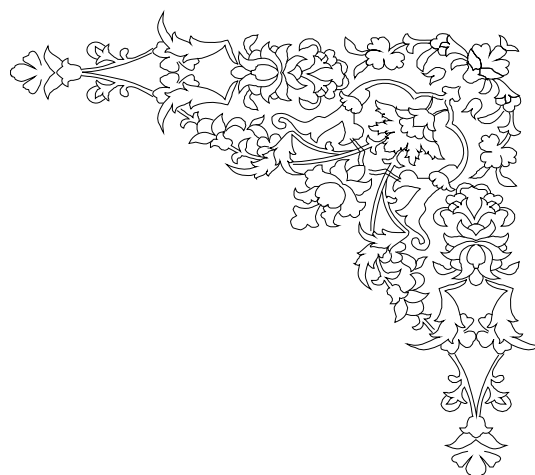
-
- جدول ۱-۱ کرنش ضخامتی پیش بینی شده از نتایج شبیه سازی برای قطعه کار نیم کروی [۱۱۹]..... ۲۰
- جدول ۱-۲ خصوصیات مکانیکی و فیزیکی ورق های مورد استفاده در آزمایشات..... ۴۰
- جدول ۱-۳ ضرایب ناهمسانگردی ورق های آلومینیومی..... ۴۹



فصل اول

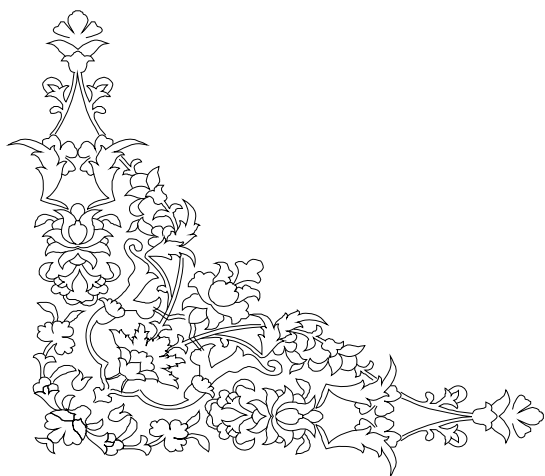
کلیات

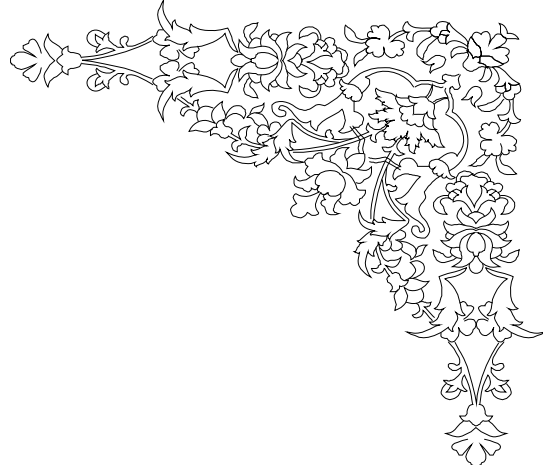




فصل دوم

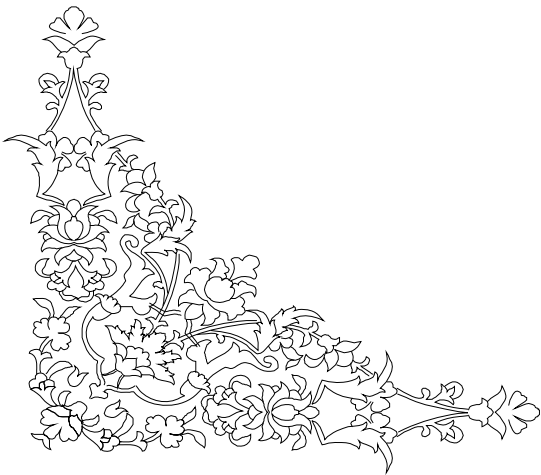
کارهای تجربی و آزمایشگاهی

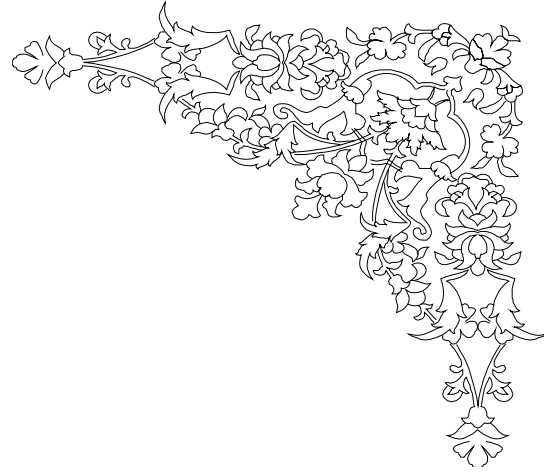




فصل سوم

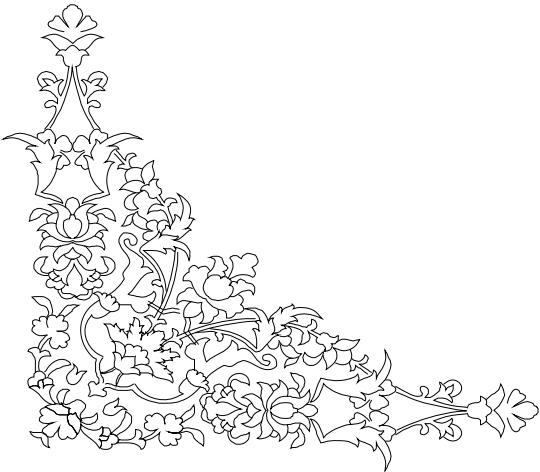
شبیه سازی اجزای محدود

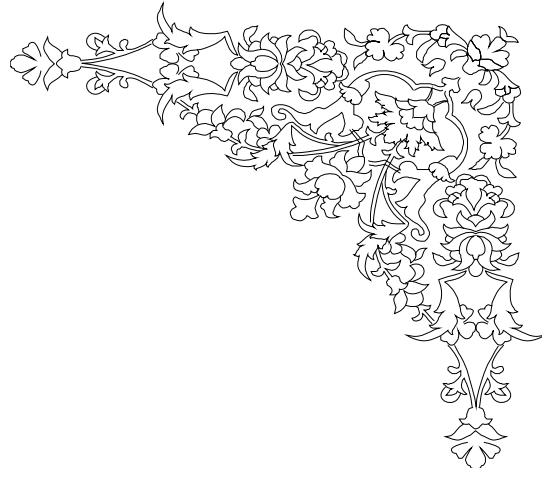




فصل چهارم

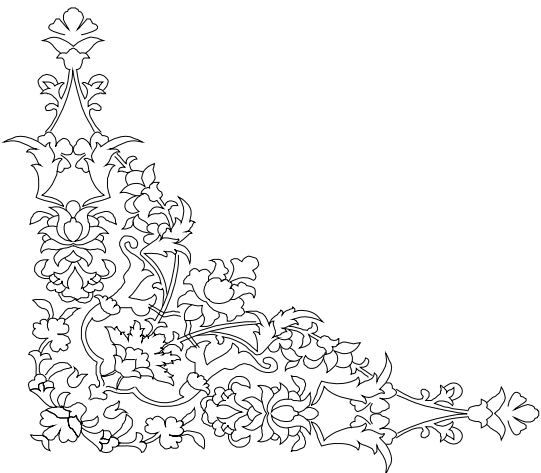
نتایج و بحث

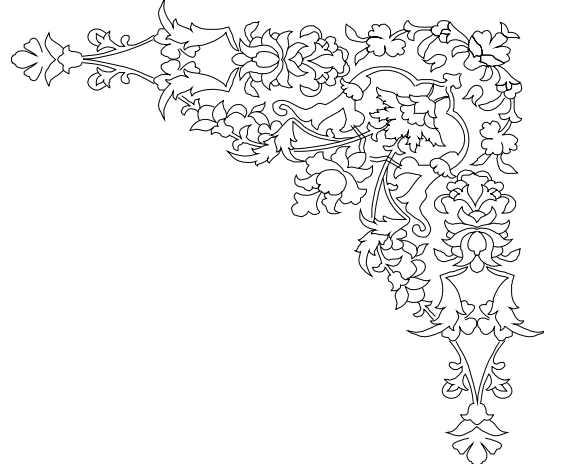




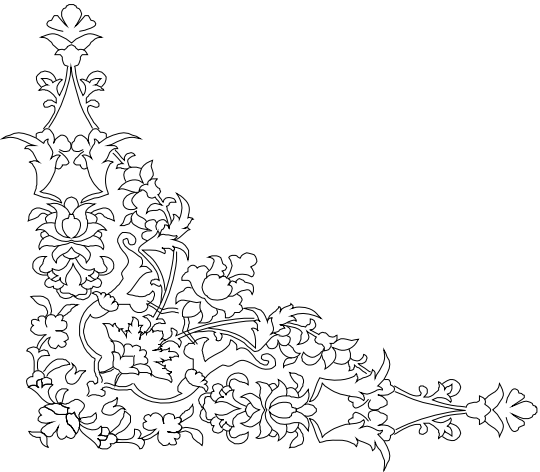
فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات





مراجع



۱-۱ مقدمه

در بین روش‌های تولید، فرآیندهای شکل‌دهی فلزات بدلیل مزایای زیاد از قبیل تولید قطعات با خواص مکانیکی عالی، سرعت بالای تولید، میزان ضایعات کم و غیره از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و قطعات تولید شده در این فرآیندها دارای کاربرد گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف صنعتی از جمله صنایع خودروسازی، هوا و فضا، ماشین‌آلات صنعتی، لوازم خانگی و غیره می‌باشند. هدف اصلی در فرآیندهای شکل‌دهی فلزات ایجاد تغییر شکل مطلوب در ماده خام اولیه‌ای است که عموماً دارای شکل هندسی نسبتاً ساده‌ای می‌باشد [۱].

فرآیندهای شکل‌دهی ورق‌های فلزی از نظر تکنولوژیکی یکی از دو شاخه اصلی فرآیندهای شکل‌دهی فلزات است بطوریکه اغلب قطعات بدنه خودرو، قسمت اعظم بدنه هواپیما و سایر محصولات صنعتی مشابه با استفاده از فرآیندهای شکل‌دهی متنوعی که بر روی ورق‌های فلزی صورت می‌گیرد ساخته می‌شوند. با پیشرفت روز افزون صنایع هوا و فضا و صنعت خودروسازی و رقابتی‌تر شدن بازار تجارت، نیاز به استفاده از راهکارهایی در جهت کاهش هزینه‌ها و زمان تولید و در عین حال تولید محصولاتی با وزن سبک‌تر و استحکام بالاتر بیش از پیش احساس می‌گردد. به همین دلیل استفاده از مواد جدید و بکارگیری و توسعه فرآیندهای پیشرفته تولید امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های پرس‌کاری سنتی با وجود داشتن سرعت بالای تولید و صرفه اقتصادی مناسب به دلیل دارا بودن محدودیت‌هایی، قادر به پاسخگویی به تمامی نیازهای طراحی نمی‌باشند. از جمله محدودیت‌های روش‌های فوق می‌توان به مواردی چون نیاز به چندین قالب، محدودیت در استفاده از مواد اولیه، نیاز به عملیات ثانویه همچون جوشکاری و مونتاژ و ضایعات فراوان اشاره کرد. از طرف دیگر استفاده از آلیاژهای سبک نظیر آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای تیتانیوم و آلیاژهای منیزیم در صنایع خودروسازی و صنایع هوا و فضا برای کاهش وزن محصول نهایی و در نهایت کاهش سوخت مصرفی رو به افزایش می‌باشد. در عین حال، این مواد بدلیل داشتن توان کرنش سختی (n) پایین و نسبت ناهمسانگردی (R) پایین در درجه حرارت محیط قابلیت شکل‌پذیری بسیار پایینی دارند. استفاده از روش

شکل‌دهی گرم تا حدی می‌تواند مشکلات شکل‌دهی آلیاژهای فوق را مرتفع سازد ولی با این وجود این روش‌ها نیز محدودیت و مشکلات خاص خود را دارند. از این‌رو، در سالهای اخیر مطالعات فراوانی توسط محققان و صنعتگران در جهت ابداع و توسعه فرآیندهای تولید پیشرفته همراه با انعطاف پذیری بالا صورت گرفته است. هیدروفرمینگ یا شکل‌دهی به کمک فشار سیال یکی از روشهای تولید پیشرفته‌ای است که در سالهای اخیر مورد توجه زیادی در شکل‌دهی قطعات توخالی و با شکل هندسی پیچیده قرار گرفته است. تاریخچه استفاده از تکنولوژی هیدروفرمینگ دست کم به قبل از جنگ جهانی دوم بر می‌گردد اما به دلیل نیاز به تکنولوژی بالا، کاربرد این فرآیند مدت‌ها محدود به موارد خاص بود. در دو دهه اخیر با پیشرفت تکنولوژی، ماشین‌آلات تولیدی، سیستم‌های آب‌بندی، سیستم‌های کنترل کامپیوتری و توسعه نرم افزارهای شبیه سازی اجزای محدود استفاده از تکنولوژی فوق رشد چشمگیری داشته و توجه تولید کنندگان را به خود جلب کرده است [۲]. امروزه این روش به عنوان یک جایگزین بسیار مناسب برای فرآیندهای سنبه ماتریس در ساخت اجزای مختلف اتومبیل به خودروسازان پیشنهاد می‌گردد و تقریباً تمامی شرکتهای خودروسازی پیشرو در جهان به گونه‌ای تکنولوژی هیدروفرمینگ را به عنوان ابزاری برای بالا بردن توان رقابتی خود در بازار اتخاذ کرده‌اند. برای شبیه سازی فرآیندهای مختلف هیدروفرمینگ انواع کدهای تجاری المان محدود مانند Ls-Dyna, Abaqus, Pam-Stamp, Ansys, Auto Form, Deform 3D. Marc توسعه داده شده‌اند. در ادامه فصل، انواع فرآیندهای مختلف هیدروفرمینگ معرفی می‌شود و مزایا و محدودیت‌های آنها بیان می‌گردد.

۲-۱ معرفی فرآیند هیدروفرمینگ

فرآیند هیدروفرمینگ یکی از انواع روشهای شکل‌دهی با ابزار نرم است [۳]. همانطور که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است، تکنولوژی شکل‌دهی با ابزار نرم بر اساس ماده شکل دهنده غیر صلب به دو دسته کلی زیر تقسیم بندی می‌گردد:

۱- حالت جامد: تکنولوژی شکل‌دهی با لایه لاستیکی