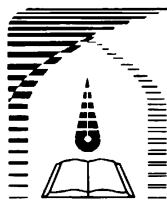


صلى الله عليه وسلم



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی دما در فرآیند تراشکاری به کمک ارتعاشات آلتراسونیک

بابک غلامزاده

استاد راهنما:

دکتر محمد جواد ناطق

بهار ۸۹



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای بابک غلامزاده پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی دما در فرآیند تراشکاری به کمک ارتعاش آلتراسونیک در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۲۳ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت و تولید پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمد جواد ناطق	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدحسین صادقی	استاد	
استاد ناظر	دکتر یوسف حجت	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا رازفر	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمدحسین صادقی	استاد	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸/۴/۸۷ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۲۳/۴/۸۷ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۱۵/۷/۸۷ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

اینجانب دانشجو رشته ورودی سال تحصیلی
مقطع دانشکده متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:
تاریخ:

۸۹/۸/۱۱

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته مدرس مکانیک است که در سال

۱۳۸۹ در دانشکده فیزیک - مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار

خانم/جناب آقای دکتر محمدجواد ناطق، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر

و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب بابک علاءزاده دانشجوی رشته مدرس مکانیک مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: بابک علاءزاده

تاریخ و امضا:

۱۳۹۴/۱۱

تقدیم بہ

محترمہ عذرا بیگم

سپاس‌گزاری

برای نگارنده افتخار بزرگی بود که زیر نظر و راهنمایی استاد کرامی، جناب آقای دکتر محمد جواد ناطق این پایان‌نامه را به انجام رسانم، بدین وسیله از زحمات و اعتماد ایشان صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

از دوستان عزیزم، بخصوص آقایان حمید سلیمانی مهر، وحید حمدی پور، حمید جمشیدی، فرهاد حلیمی و محمد فشنکپور که در طول این پایان‌نامه یارای بنده بودند نهایت تشکر را دارم.

لازم می‌دانم از تک‌تک اساتید که تا حال از محضرشان کسب علم نموده‌ام نیز تشکر نمایم.

و در آخر از زحمات بی‌دریغ پدر و مادرم و صبر و پشتگرمی، همسرم در این مقال سپاس‌گزاری نمایم.

چکیده

پرهزینه و سخت بودن ماشینکاری مواد کامپوزیتی و سوپر آلیاژهای جدید، محققان را برآن می‌دارد، تا برای کاهش سایش ابزار، نیروهای ماشینکاری، صافی سطح و غیره، از روشی بهره‌گیرند که با کاهش سرعت برشی توانایی، ماشینکاری را نیز حفظ نماید. این مهم با بکارگیری ابزار مرتعش با فرکانس‌های بالای فراسوت میسر گردید. از آنجائیکه افزایش دمای ابزار، یکی از مهمترین عوامل در افزایش سایش آن است، بدین‌خاطر پایان‌نامه حاضر بررسی دقیق تغییرات دما، بالاخص تأثیر پارامترهای ارتعاشی روی میزان دمای ابزار در فرآیند تراشکاری به کمک ارتعاشات آلتراسونیک (*UAT*) را پوشش می‌دهد. برای نیل به این مقصود ابتدا اشاراتی به تاریخچه‌ای از کاربرد ارتعاشات آلتراسونیک در ماشینکاری، ویژگی‌های امواج آلتراسونیک، مزایا و محدودیت‌های فرآیند تراشکاری به کمک ارتعاشات آلتراسونیک و بررسی دما در ماشینکاری معمولی (*CT*) شده است. با انجام آزمایش‌های تجربی اندازه‌گیری نیرو، علاوه بر تعیین ضریب اصطکاک برای شبیه‌سازی، با مقایسه نیروهای استخراج شده از شبیه‌سازی به سبب نزدیکی نتایج با یکدیگر، صحت‌گذاری روی درستی شبیه‌سازی انجام گردید و در ادامه، مراحل شبیه‌سازی اجزای محدود فرآیندهای تراشکاری معمولی و ارتعاشی با تحلیل کوپل دما- جابجایی برای قطعه‌کار با آلیاژ *AL7075-T6* و ابزار کاربیدی، ذکر شده است. علاوه بر این، نتایج شبیه‌سازی دمایی با نتایج تجربی و شبیه‌سازی دمایی ماشینکاری معمولی سایر محققین، مورد مقایسه قرار گرفت و با نزدیک بودن نتایج با یکدیگر، صحت‌گذاری مجدد روی شبیه‌سازی دمایی ماشینکاری صورت پذیرفت. نتایج حاصل عبارتند از اینکه، در *UAT* به مانند تراشکاری معمولی میزان تأثیر سرعت برشی بر دما، بیشتر از نرخ پیشروی است و هنگام درگیری ابزار با قطعه‌کار، میزان افزایش دما نسبت به حالت *CT* بیشتر از کاهش آن در هنگام جدایی ابزار از قطعه‌کار است. همچنین با افزایش دامنه و فرکانس ارتعاش، دمای ماکزیمم ابزار نیز افزایش یافته و در سرعت ارتعاشی ثابت، تأثیر میزان افزایش دامنه ارتعاشی روی افزایش دما بیشتر از افزایش فرکانس ارتعاشی است.

واژگان کلیدی: دمای تراشکاری، ارتعاشات آلتراسونیک، شبیه‌سازی اجزای محدود

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه
فهرست مطالب	أ
فهرست شکل‌ها	ه
فهرست جدول‌ها	ط
نمادها	ی
فصل ۱- مقدمه.....	۱
۱-۱- هدف	۲
۲-۱- تاریخچه.....	۲
۳-۱- سازماندهی پایان‌نامه	۹
فصل ۲- ارتعاشات امواج آلتراسونیک	۱۰
۱-۲- امواج آلتراسونیک.....	۱۱
۱-۱-۲- مقدمه	۱۱
۲-۱-۲- اقسام امواج آلتراسونیک	۱۱
۳-۱-۲- پارامترهای موج آلتراسونیک	۱۱
۴-۱-۲- امپدانس صوتی ویژه.....	۱۲
۵-۱-۲- شدت صوتی و فشار صوتی.....	۱۲
۲-۲- تولید ارتعاشات آلتراسونیک.....	۱۲
۳-۲- هورن آلتراسونیک (متمرکزکننده).....	۱۴
۱-۳-۲- مقدمه	۱۴
۲-۳-۲- انواع هورن	۱۵
۳-۳-۲- خصوصیات هورن	۱۵
۴-۳-۲- هورن مناسب برای تراشکاری	۱۶
۴-۲- کاربرد امواج آلتراسونیک	۱۷
۱-۴-۲- کاربردهای عمومی ارتعاشات آلتراسونیک	۱۷
۲-۴-۲- کاربردهای ساخت و تولیدی ارتعاشات آلتراسونیک.....	۱۸
فصل ۳- تراشکاری به کمک ارتعاشات آلتراسونیک	۲۰
۱-۳- مقدمه	۲۱

۲۲	۲-۳- جهت‌های اعمال ارتعاش
۲۴	۳-۳- مکانیزم براده‌برداری در فرآیند <i>UAT</i>
۲۵	۴-۳- محدوده دامنه ارتعاشی فرآیند <i>UAT</i>
۲۶	۵-۳- تأثیر ارتعاشات آلتراسونیک روی پارامترهای ماشینکاری
۲۶	۳-۵-۱- مقدمه
۲۶	۳-۵-۲- ساختار مواد و کیفیت سطح
۲۷	۳-۵-۳- نیروهای ماشینکاری
۲۸	۳-۵-۴- کار سختی و پهنای ناحیه متأثر از ماشینکاری
۲۹	۳-۵-۵- تنش‌های پسماند حاصل از ماشینکاری
۲۹	۳-۵-۶- میزان سایش ابزار
۳۰	۳-۶- تأثیرات روانکاری روی فرآیند <i>UAT</i>
۳۰	۳-۷- بررسی گرمایی فرآیند تراشکاری به کمک ارتعاشات آلتراسونیک
۳۲	فصل ۴- بررسی دما در فرآیند تراشکاری
۳۳	۴-۱- مقدمه
۳۴	۴-۲- انرژی حرارتی در ماشینکاری
۳۵	۴-۳- عوامل تأثیرگذار روی دمای حاصل از ماشینکاری
۳۶	۴-۴- عوامل تأثیرگذار روی حداکثر دمای بین ابزار و براده
۳۷	۴-۵- توزیع دما در ماشینکاری متعامد
۳۸	۴-۶- روشهای اندازه‌گیری دمای ماشینکاری
۳۹	۴-۷- بررسی تحلیلی فرآیند ماشینکاری
۳۹	۴-۷-۱- مدل تحلیلی <i>Chandra sekara , venkatesh</i>
۴۱	۴-۷-۲- مدل تحلیلی <i>Shaw و Loewen</i>
۴۴	۴-۷-۳- مدل تحلیلی <i>Bothroyd</i>
۴۵	۴-۷-۴- ضعف مدل‌های آنالیز تحلیلی
۴۵	۴-۸- تأثیر ارتعاشات آلتراسونیک روی پارامترهای اثرگذار در دمای ماشینکاری
۴۵	۴-۸-۱- مقدمه
۴۶	۴-۸-۲- تأثیر ارتعاشات آلتراسونیک روی ضریب اصطکاک
۴۹	۴-۸-۳- تأثیر ارتعاشات آلتراسونیک روی خواص مکانیکی مواد
۵۲	فصل ۵- بررسی تجربی دما و نیروهای تراشکاری

۵۳	۱-۵- مقدمه
۵۳	۲-۵- آزمایش آنالیز مواد آلیاژ آلومینیوم
۵۳	۳-۵- آماده سازی قطعه کار
۵۴	۴-۵- انتخاب ابزار
۵۵	۵-۵- شکل هورن
۵۵	۶-۵- گیره بندی هورن
۵۵	۷-۵- دستگاه آلتراسونیک
۵۵	۸-۵- دینامومتر
۵۶	۹-۵- دستگاه تراش
۵۷	۱۰-۵- دستگاه اندازه گیری دما
۵۷	۱۱-۵- طراحی آزمایش
۵۸	۱۲-۵- نحوه چیدمان مجموعه و کارگذاری ترمومتر لیزری
۵۹	۱۳-۵- نتایج اندازه گیری تجربی دما
۶۱	فصل ۶- شبیه سازی اجزای محدود تراشکاری
۶۲	۱-۶- مقدمه
۶۴	۲-۶- شکل گیری براده
۶۵	۲-۲-۶- معیارهای هندسی جدایش گره‌ها
۶۵	۳-۲-۶- معیارهای فیزیکی جدایش گره‌ها
۶۶	۳-۶- فرآیند برش فلزات
۶۶	۱-۳-۶- انواع تراشکاری متعامد
۶۶	۲-۳-۶- مکانیک برش متعامد
۶۸	۴-۶- شبیه‌سازی فرآیند تراشکاری متعامد به کمک نرم افزار <i>ABAQUS</i>
۶۸	۱-۴-۶- مقدمه
۶۹	۲-۴-۶- معرفی نرم افزار <i>ABAQUS</i>
۷۱	۳-۴-۶- واحد و سیستم مختصات
۷۱	۴-۴-۶- مدلسازی قطعه کار
۷۱	۵-۴-۶- مدلسازی هندسه ابزار
۷۳	۶-۴-۶- خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه کار و ابزار
۷۳	۷-۴-۶- معادله الاستیک خطی

۷۴	..... معادله پلاستیسیته
۷۴	..... ۱-۸-۴-۶- آزمایش مکانیکی نرخ کرنش بالا توسط میله هایپکینسون
۷۷	..... ۹-۴-۶- شکل گیری براده
۷۷	..... ۱۰-۴-۶- انتخاب نوع تحلیل برای فرآیند ماشینکاری
۸۰	..... ۱۱-۴-۶- اعمال حرکت ارتعاشی به ابزار و مدت زمان تحلیل
۸۱	..... ۱۲-۴-۶- شرایط مرزی و اولیه
۸۲	..... ۱۳-۴-۶- تکنیک مش بندی و انتخاب نوع المان
۸۳	..... ۱۴-۴-۶- مش بندی انطباقی
۸۳	..... ۱-۱۴-۴-۶- فرمول لاگرانژی
۸۳	..... ۲-۱۴-۴-۶- فرمول اولیری
۸۴	..... ۳-۱۴-۴-۶- فرمول <i>ALE</i>
۸۵	..... ۱۵-۴-۶- الگوریتم تماس بین ابزار و قطعه کار
۸۶	..... ۱۶-۴-۶- مدل اصطکاک بین ابزار و براده
۸۸	..... ۱۷-۴-۶- تحلیل کوپل دما- تنش
۸۸	..... ۱-۱۷-۴-۶- محاسبات المانی و گره ای:
۸۹	..... ۲-۱۷-۴-۶- محاسبات تولید حرارت:
۹۱	..... ۳-۱۷-۴-۶- ضریب هدایت گرمایی بین ابزار و براده
۹۱	..... ۴-۱۷-۴-۶- انتقال حرارت به کمک همرفت
۹۳	..... ۵-۶- نمونه ای از تحلیل دمایی شبیه سازی اجزای محدود دو فرآیند <i>UAT</i> و <i>CT</i>
۹۵	..... ۶-۶- نمونه ای از تحلیل نیرویی شبیه سازی اجزای محدود دو فرآیند <i>UAT</i> و <i>CT</i>
۹۶	..... ۷-۶- مشخصات سیستم کامپیوتری بکار گرفته شده در شبیه سازی عددی
۹۷	..... ۸-۶- بحث و نتیجه گیری
۱۰۳	..... فصل ۷- نتایج و پیشنهادها
۱۰۴	..... ۱-۷- نتایج
۱۰۵	..... ۲-۷- پیشنهادها
۱۰۶	..... واژه نامه
۱۱۴	..... مراجع

فهرست شکل‌ها

عنوان.....	صفحه
شکل (۱-۱) نمونه‌ای از فرآیند <i>RUM</i>	۶
شکل (۲-۱) فرزکاری سطوح پیچیده با ابزار ارتعاشی بیضوی.....	۸
شکل (۱-۲) هورن و سیستم ارتعاش قطعه‌کار در سنگزنی خشک.....	۱۴
شکل (۲-۲) هورن و سیستم ارتعاش ابزار در سوراخکاری.....	۱۴
شکل (۳-۲) (a) هورن نمایی با مقطع دایروی، (b) هورن نمایی با مقطع مستطیلی، (c) هورن نمایی حلقوی، (d) هورن مخروطی، (e) هورن پله‌ای با مقطع دایروی.....	۱۵
شکل (۴-۲) هورن آلومینیمی استوانه‌ای- مخروطی زائنده‌دار.....	۱۶
شکل (۵-۲) کاربرد امواج آلتراسونیک بر اساس محدوده فرکانس‌ها.....	۱۸
شکل (۱-۳) سیستم غیررزونانسی ماشینکاری به کمک ارتعاشات بیضوی <i>2D VAM</i>	۲۱
شکل (۲-۳) (a) اعمال ارتعاشات در راستای سرعت برشی، (b) اعمال ارتعاشات در راستای عمق برش، (c) اعمال ارتعاشات در راستای پیشروی.....	۲۲
شکل (۳-۳) شماتیک جهت‌های ارتعاشی در فرآیند <i>UAT</i>	۲۲
شکل (۴-۳) شکل شماتیک فرآیند ماشینکاری آلتراسونیک.....	۲۴
شکل (۵-۳) مکانیزم براده‌برداری: (a) نمودار جابجایی (b) نمودار نیروی محوری (c) نمودار نیروی برشی.....	۲۴
شکل (۶-۳) (a). مقایسه صافی سطح (b). مقایسه عدم گردی در دو فرآیند تراشکاری معمولی و <i>UAT</i>	۲۷
شکل (۷-۳) (a). مقایسه نیروهای فرآیند <i>UAT</i> و <i>CT</i> حاصل از شبیه‌سازی روی آلیاژ <i>Inconel 718</i> (b). نتایج تجربی مقایسه نیروها در جهت پیشروی، شعاعی و سرعت برشی روی آلیاژ <i>Inconel 738</i>	۲۸
شکل (۸-۳) کارسختی نسبت به فاصله از سطح در دو حالت <i>UAT</i> و <i>CT</i>	۲۹
شکل (۹-۳) تنش‌های پسماند نسبت به فاصله از سطح، در دو حالت <i>UAT</i> و <i>CT</i>	۲۹
شکل (۱۰-۳) تأثیر سرعت برشی روی پهنای سایش ابزار (<i>VB</i>) بعد از ۱۰ دقیقه تراشکاری.....	۳۰
شکل (۱۱-۳) مقایسه نیروی برشی در فرآیند <i>UAT</i> برای دو حالت روانکاری و غیر روانکاری.....	۳۱
شکل (۱-۴) مساحتی از ناحیه برشی که حرارت ایجاد می‌شود.....	۳۴
شکل (۲-۴) یک نمونه از توزیع حرارت ماشینکاری روی ابزار (عکسبرداری با دوربین <i>IR-CCD</i> در $4ms$).....	۳۶
شکل (۳-۴) توزیع دمای قطعه‌کار و براده در تراش متعامد فولاد آسان تراش.....	۳۷
شکل (۴-۴) مدل ساده شده آنالیز گرمایی با فرض دو منبع و صفحه تولید گرما.....	۴۱
شکل (۵-۴) شماتیک صفحات برشی ارنست - مرچنت.....	۴۲

- شکل (۴-۶) مدلی برای تخمین میزان کرنش برشی در فلز تراشی ۴۳
- شکل (۴-۷) منحنی نیروی اصطکاک ارتعاشی لحظه‌ای بر حسب سرعت لغزش نسبی ۴۷
- شکل (۴-۸) نسبت انرژی تلف شده و ضریب اصطکاک بر حسب مقدار f ۴۹
- شکل (۴-۹) سخت شوندگی آلتراسونیک کریستال روی ۵۱
- شکل (۵-۱) آماده سازی اولیه قطعه کار برای تراشکاری متعامد ۵۴
- شکل (۵-۲) هندسه ابزار کاربیدی با پوشش تیتانیوم نیتراید بکاررفته در فرآیند *UAT* ۵۵
- شکل (۵-۳): مجموعه اتصال هورن، ابزار و بوش (b): ژنراتور (c): مجموعه گیره و ترانسدیوسر لانگوین (d): دینامومتر *KISTLER-9257BA* ۵۶
- شکل (۵-۴) نمایی از دستگاه تراش *CNC-TME40* ۵۶
- شکل (۵-۵) نمایی از دستگاه ترمومتر لیزری ۵۷
- شکل (۵-۶) نحوه چیدمان مجموعه فرآیند *UAT* برای تراش متعامد ۵۸
- شکل (۵-۷) نمونه براده فرآیند *UAT* قطعه کار آلومینیومی *AL7075-T6* با (سرعت دورانی 80 rpm ، عمق برش 3 mm ، دامنه ارتعاشی $6\mu\text{m}$ و فرکانس 20 kHz) (a): نرخ پیشروی $a_f = 0.1\text{ mm/rev}$ (b): ۵۹
- شکل (۵-۸) دیاگرام نیروی برشی (F_c)، نیروی محوری (F_z) و نیروی شعاعی (F_y)، ماشینکاری *CT* در دو حالت تجربی (*Exp*) و شبیه‌سازی عددی (*Num*)، با سرعت دورانی $N=65\text{ rpm}$ ، نرخ پیشروی ۶۰
- شکل (۵-۹) دیاگرام نیروی برشی (F_c)، نیروی محوری (F_z) و نیروی شعاعی (F_y)، ماشینکاری *UAT* در دو حالت تجربی (*Exp*) و شبیه‌سازی عددی (*Num*) با سرعت دورانی $N=65\text{ rpm}$ ، نرخ پیشروی 0.1 mm/rev ۶۰
- شکل (۶-۱) نمونه‌ای از فرآیند شکل‌گیری براده آلیاژ *AL7075-T6* ۶۴
- شکل (۶-۲) معیار هندسی جدایش گره‌ها، فاصله لبه برشی ابزار تا گره بعدی (a) کمتر از حد بحرانی D ۶۵
- شکل (۶-۳) تراشکاری متعامد، پیشروی در راستای شعاعی با پهنای برش ثابت و سرعت برشی متغیر ۶۷
- شکل (۶-۴) تراشکاری متعامد، پیشروی در راستای محوری با عمق برش و سرعت برشی ثابت ۶۷
- شکل (۶-۵) هندسه ابزار (a): عکس میکروسکوپی از لبه ابزار تراشکاری (b): مدل اجزای محدود ابزار ۷۲
- شکل (۶-۶) شکل شماتیک آزمایش میله فشار شکافت هایپکینسون (*SHPB*) ۷۶
- شکل (۶-۷) شرایط مرزی و نوع مش‌بندی فرآیند تراشکاری معمولی ۸۱
- شکل (۶-۸) شکل شماتیک نفوذ سطح اصلی به سطح پیرو در تماس دوگانه ۸۵
- شکل (۶-۹) منحنی توزیع تنش‌های نرمال و اصطکاکی در سطح براده ابزار ۸۶

شکل (۶-۱۰) کانتورهای دمایی ابزار کاربردی حاصل از شبیه‌سازی اجزای محدود در 0.0225 ثانیه پس از شروع ماشینکاری UAT با سرعت دورانی $N=50\ rpm$ ، نرخ پیشروی $a_f=0.2\ mm/rev$ ، عمق برش $3\ mm$ ، $a_p=$ دامنه ارتعاشی $10\ \mu m$ و فرکانس ارتعاشی $f=20\ kHz$: (a) ابزار در نقطه انتهای برگشت (b):

ابزار در نقطه انتهای رفت..... ۹۳

شکل (۶-۱۱) نمونه‌ای از کانتورهای دمایی شبیه‌سازی اجزای محدود تراشکاری متعامد CT و UAT ، ابزار کاربردی و قطعه کار $AL7075-T6$ در سرعت دورانی ثابت $N=50\ rpm$ ، عمق برش $a_p=3\ mm$ با نرخ پیشروی، دامنه و فرکانس ارتعاشی مختلف. (a) $CT, a_f=0.1\ mm/rev$: (b) $CT, a_f=0.2\ mm/rev$: (c)

$UAT, a_f=0.1\ mm/rev, a=6\ \mu m, f=20\ kHz$: (d) $UAT, a_f=0.1\ mm/rev, a=8\ \mu m, f=20\ kHz$

(e) $UAT, a_f=0.1\ mm/rev, a=10\ \mu m, f=20\ kHz$: (f) $UAT, a_f=0.1\ mm/rev, a=8\ \mu m, f=26666\ Hz$: ۹۴

شکل (۶-۱۲) دیاگرام نیروی برشی (F_c) و نیروی محوری (F_z) حاصل از شبیه‌سازی ماشینکاری CT و

UAT ، قطعه کار $AL7075-T6$ با سرعت دورانی $N=50\ rpm$ ، نرخ پیشروی $a_f=0.2\ mm/rev$ ، عمق -

برش $a_p=3\ mm$ ، فرکانس ارتعاشی $f=20\ kHz$ و دامنه‌های ارتعاشی $a=6\ \mu m$ ، $a=8\ \mu m$ ، $a=10\ \mu m$ ۹۶

شکل (۶-۱۳) افزایش دمای نوک ابزار حاصل از شبیه‌سازی فرآیند CT ، از شروع ماشینکاری تا پایداری

دمایی، در سرعت‌های دورانی $N=(80-65-50)\ rpm$ و نرخ پیشروی $a_f=(0.2\ و\ 0.1)\ mm/rev$ با عمق برش

ثابت $a_p=3\ mm$ ۹۷

شکل (۶-۱۴) مقایسه ماکزیمم دمای ابزار در ماشینکاری CT قطعه کار $AL7075-T6$ ، با تغییر سرعت

برشی (V_c) و نرخ پیشروی (a_f) : نتایج شبیه‌سازی اجزای محدود، ابزار با زاویه براده ۴ درجه در تحقیق

حاضر. (b): نتایج تجربی و شبیه‌سازی تفاضل محدود با زاویه براده ۶ درجه..... ۹۸

شکل (۶-۱۵) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $50\ rpm$ ، نرخ پیشروی $0.1\ mm/rev$ ،

عمق برش $3\ mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20\ kHz$ در دامنه‌های

ارتعاشی $a=6\ \mu m$ ، $a=8\ \mu m$ و $a=10\ \mu m$ ۹۹

شکل (۶-۱۶) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $50\ rpm$ ، نرخ پیشروی $0.2\ mm/rev$ ،

عمق برش $3\ mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20\ kHz$ در دامنه‌های ارتعاشی

$a=6\ \mu m$ ، $a=8\ \mu m$ و $a=10\ \mu m$ ۹۹

شکل (۶-۱۷) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $65\ rpm$ ، نرخ پیشروی

$0.1\ mm/rev$ ، عمق برش $3\ mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20\ kHz$ در

دامنه‌های ارتعاشی $a=6\ \mu m$ ، $a=8\ \mu m$ و $a=10\ \mu m$ ۱۰۰

شکل (۶-۱۸) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $65rpm$ ، نرخ پیشروی $0.2mm/rev$ ، عمق برش $3mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20kHz$ در دامنه‌های ارتعاشی $a=6\mu m$ ، $a=8\mu m$ و $a=10\mu m$ ۱۰۰

شکل (۶-۱۹) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $80rpm$ ، نرخ پیشروی $0.1mm/rev$ ، عمق برش $3mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20kHz$ در دامنه‌های ارتعاشی $a=6\mu m$ ، $a=8\mu m$ و $a=10\mu m$ ۱۰۱

شکل (۶-۲۰) ماکزیمم دمای ابزار در تراشکاری با سرعت دورانی $80rpm$ ، نرخ پیشروی $0.2mm/rev$ ، عمق برش $3mm$ برای دو حالت ماشینکاری CT و UAT با فرکانس ارتعاشی $20kHz$ در دامنه‌های ارتعاشی $a=6\mu m$ ، $a=8\mu m$ و $a=10\mu m$ ۱۰۱

شکل (۶-۲۱) ماکزیمم دمای ابزار در فرآیند UAT با سرعت دورانی $N=50rpm$ ، نرخ پیشروی $a_f=0.1mm/rev$ ، در ۳ حالت، ۱- دامنه ارتعاشی $a=10\mu m$ با فرکانس $f=20kHz$ ، ۲- دامنه $a=8\mu m$ با فرکانس $f=26666Hz$ و ۳- دامنه $a=6\mu m$ با فرکانس $f=33333Hz$ ۱۰۲

فهرست جدول‌ها

عنوان.....	صفحه
جدول (۱-۴) ضریب هدایت گرمایی مواد مختلف ابزار در $W/(m^{\circ}C)$ برای 100°	۴۴
جدول (۱-۵) ترکیب شیمیایی آلیاژ $AL7075-T6$ (آزمایشگاه متالوژی رازی).....	۵۳
جدول (۱-۶) مقادیر هندسی ابزار.....	۷۲
جدول (۲-۶) خواص مواد ابزار و قطعه کار.....	۷۳
جدول (۳-۶) جدول ضرایب سخت شوندگی $Johnson-Cook$ آلیاژ $AL7075-T6$	۷۶
جدول (۴-۶) ضرایب پارامترهای $Johnson-Cook Damage$ آلیاژ $AL7075-T6$ Error! Bookmark not defined.	
جدول (۵-۶) خواص هوای خشک در فشار یک اتمسفر.....	۹۳

نمادها

	نشانه
شرح	
Johnson-Cook تنش سیلان قطعه کار در رابطه	A
ضریب شیب ناحیه تماس	A_r
مساحت سطح مقطع قطعه کار	A_w
دامنه ارتعاشی	a
ضخامت براده تغییرشکل یافته	a_0
ضخامت براده تغییرشکل نیافته	a_c
نرخ پیشروی	a_f
عمق برش	a_p
پهنای براده	a_w
Johnson-Cook مدول سخت شوندگی قطعه کار در رابطه	B
گرمای ویژه قطعه کار	c
Johnson-Cook ضریب حساسیت نرخ کرنش قطعه کار در رابطه	C
سرعت صوت در مواد	C_0
ظرفیت گرمایی براده گرم	C_{hc}
سرعت موج	C_s
ماتریس الاستیک	D^{el}
قطر قطعه کار	d
Johnson-Cook ضرایب شکست رابطه	d1-d2-d3-d4-d5
لقی گپ	d_g
مدول یانگ	E
انرژی گرمایی هدایت شده به براده	E_C
انرژی گرمایی هدایت شده به ابزار	E_T
نیروی تراش	F_c
مجموع نیروهای داخلی	F_I
بردار شار داخلی	F^J
بردار نیروی داخلی المان	F_I^J
بردار نیروی خارجی المان	F_O^J
برآیند نیرو در راستای عمود بر قلم	F_N
مجموع نیروهای خارجی	F_O
برآیند نیرو به موازات سطح براده	F_P
نیروی اصطکاک بدون اعمال ارتعاشات بین ابزار و قطعه کار	F_R
میانگین نیروی اصطکاک در طول زمان ارتعاش	\bar{F}_R
نیروی اصطکاک لحظه‌ای در طول زمان ارتعاش	$\tilde{F}_R(t)$
نیروی برش در راستای صفحه برش	F_S

برآیند نیرو ماشینکاری در راستای مماسی	F_z
برآیند نیروی عمودی بین ابزار ارتعاش و قطعه کار	F_n
برآیند نیروی عمودی وارد بر صفحه برش	F_{ns}
میزان نیروی لازم برای اعمال تغییرشکل با اعمال ارتعاشات	F_{vd}
برآیند نیرو ماشینکاری در راستای شعاعی	F_y
فرکانس ارتعاشی	f
ارتفاع قطعه کار	H
ظرفیت گرمایی ویژه براده	HC_{PC}
ظرفیت گرمایی ویژه ابزار	HC_{PT}
شدت صوتی	I
معادل مکانیکی گرما	J
سختی استاتیکی	K_0
گپ هدایتی	K_{gc}
ضریب هدایت گرمایی	k
ضریب هدایت گرمایی خنک کار	k_{co}
ضریب هدایت گرمایی قطعه کار	k_w
طول سطح تماس بین ابزار و براده	L_C
میزان جابجایی قطعه-کار در یک دوره ارتعاشی	l_T
ماتریس جرم	M
ضریب نرم‌شوندگی گرمایی قطعه کار در رابطه Johnson-Cook	m
تعداد دور در دقیقه	N
عدد ناسلت	Nu
ضریب سخت‌شوندگی کرنشی قطعه کار در رابطه Johnson-Cook	n
فشار	P
بردار منبع گره‌ای	P^J
صفحه لبه براده ابزار	P_f
صفحه برش	P_s
فشار صوت	P_{SO}
توان اصطکاکی	p_f
توان تغییرشکل برای برش متعامد	p_s
عدد پکلت	Pe
عدد پرانتل	Pr
میزان دبی حرارت ورودی به براده	Q_C
گرمای اتلاف شده	Q_L
نرخ جاری شدن گرما در واحد حجم	Q^{pl}
میزان دبی حرارت ورودی به ابزار	Q_t
میزان دبی حرارت ورودی به قطعه کار	Q_w
حرارت ناشی از اصطکاک میان ابزار و براده	q_f

شار گرمایی در سطح براده	q_A
شار گرمایی در سطح ابزار	q_B
حرارت ناشی از اصطکاک میان ابزار و قطعه کار	q_r
حرارت ناشی از تغییرشکل در صفحه برش	q_s
عدد رینولدز	Re
نسبت تراش	r_c
پریود زمانی	T
زمان خالص برخورد ابزار با قطعه کار	t_C
مقدار درجه آزادی جابجایی	U^N
ماتریس شتاب	\ddot{U}
انرژی مخصوص تغییرشکل	u_d
انرژی مخصوص برش	u_s
سرعت تراش	V_c
سرعت براده	V_{ch}
سرعت بحرانی قطعه کار	V_{cri}
سرعت برش در امتداد صفحه برش	V_S
سرعت ارتعاش ابزار	V_t
سرعت قطعه کار در راستای ارتعاشات	V_w
سرعت جریان آزاد هوا	V_∞
مؤلفه ثابت سرعت ارتعاشی	\bar{V}
معیار گسیختگی	W
کار مکانیکی حاصل از اصطکاک ماشینکاری	W_f
کار مکانیکی ماشینکاری	W_m
کار مکانیکی حاصل از تغییرشکل در ماشینکاری	W_s
انرژی لغزشی در حالت اعمال ارتعاشات	W_{US}
امپدانس صوتی ویژه	Z
زاویه براده	α
انرژی لازم برای تغییرشکل براده	Γ_1
انرژی اصطکاکی حاصل از جریان براده	Γ_2
وزن مخصوص براده	γ_{sc}
نرخ لغزش	$\dot{\gamma}$
میزان تغییرشکل	ΔH
نمو کرنش پلاستیک	$\Delta \bar{\epsilon}$
پالس روپدادی	δ_I
پالس منعکس شده	δ_R
پالس جابجا شده	δ_T
کرنش اسمی	ϵ
کرنش براده	ϵ_{ch}