

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی



تعد نامه اصالت اثر

اینجانب سید محسن صالحی راد متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می باشد.

سید محسن صالحی راد



دانشکده مهندسی مکانیک

بررسی مدل های اصطکاک برای سطح تماس ابزار – براده به وسیله روش اجزای محدود

نگارش

سید محسن صالحی راد

استاد راهنما: دکتر محمد رضا رازفر

استاد مشاور: دکتر نصر اله بنی مصطفی عرب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

خرداد ۱۳۸۹

فرم داوران

تقدیم به:

مادر فداکار

پدر زحمتکش

و همسر مهربانم

تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس خدایی که توان آموختنم بخشید. امید آنکه بتوانم خالصانه در راه رضای او گام بردارم. بر دستان پر مهر و محبت پدر و مادرم بوسه می زنم که علیرغم تمام مشکلات امکان پیمودن این راه را برایم فراهم آوردند. از همسر مهربانم که امید بخش این راه برای این جانب بوده اند، کمال تشکر و قدردانی رادارم. از استاد عزیز و گرامیم آقای دکتر رازفر که در نهایت صفا و دوستی در تمام مراحل انجام این تحقیق راهگشایم بودند صمیمانه تشکر می کنم. همچنان از آقای دکتر عرب به خاطر مشاوره های دلگرم کننده شان سپاسگذارم. از اساتید دوران تحصیل آقایان دکتر امیر عبدالله، دکتر عبدالرضارحیمی، دکتر غلامحسین پایگانه – که از کلاسهای آنها درس علم و اخلاق آموختم- تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده

عملیات ماشین کاری از جمله برش متعامد فلز، فرآیندی غیر خطی پیچیده و ترکیبی از فرآیند های مکانیکی و حرارتی است که به دلیل وجود کرنش، نرخ کرنش و درجه حرارت بالا در ناحیه تماس ابزار-براده شرایط پیچیده ای را بوجود آورده است. در تحلیل فرآیند تراشکاری متعامد با استفاده از شبیه سازی المان محدود، پیش بینی ها به طور قابل توجهی تحت تأثیر دو فاکتور اساسی مشخصات تنش جریان قطعه کار درنواحی تراشکاری و مشخصات اصطکاک در سطح تماس ابزار-براده است. که در این بین اصطکاک بین ابزار-براده نقش مؤثرتری در مکانیسم شکل گیری براده دارد. تاکنون مدل های اصطکاکی زیادی پیشنهاد شده است که تا کنون ثابت نشده که کدام یکی از این مدلها قابلیت و کارایی بیشتری دارد.

در این رساله ابتدا به بررسی تنش های برشی و نرمال بوجود آمده در سطح تماس ابزار-براده و روشهای اندازه گیری آنها پرداخته و سپس مدل های اصطکاک موجود در سطح تماس ابزار-براده که بر اساس تنش های برشی و نرمال است، ارائه شده است.

در این پایان نامه از دو نرم افزار المان محدود Abaqus/explicit و Msc.superform برای شبیه سازی فرآیند شکل گیری براده پیوسته استفاده شده است. و با ارائه یک فرمولاسیون جدید بر اساس لاگرانژ خالص با شمای ALE، فرآیند ماشینکاری در نرم افزار Abaqus شبیه سازی شده است، این روش نسبت به سایر روشهای مشابه از دقت بالاتری برخوردار است. همچنین در نرم افزار Msc.Superform از فرمولاسیون مش بندی تطبیقی برای شبیه سازی استفاده شده است.

برای شبیه سازیها مقدار زاویه براده، زاویه آزاد، مقدار پیشروی، عمق برش، شعاع لبه ابزار ثابت فرض شده و در هر مدل اصطکاکی، مقادیر ضرایب اصطکاک و فاکتور اصطکاک (m) مختلف در نظر گرفته شده است. سپس مقدار متغیرهای نیروی برشی، نیروی فشاری، درجه حرارت، زاویه صفحه برشی، ضخامت براده توسط نرم افزار استخراج شد. با توجه به ضرایب اصطکاک و فاکتور اصطکاک مختلف مقدار متغیرهای پیش بینی شده در مدل های اصطکاکی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و با نتایج بدست آمده از کار تجربی موجود مورد مقایسه قرار گرفته است و در نهایت مدل چسبنده- لغزنده که بیشترین سازگاری را با نتایج تجربی دارد به عنوان بهترین مدل اصطکاکی انتخاب شده است. همچنین با توجه به نتایج شبیه سازی ها تأثیر مدل های اصطکاکی بر روی شبیه سازی المان محدود مشاهده می شود.

کلمات کلیدی: ماشینکاری- تراشکاری متعامد - اصطکاک - مدل کردن اجزاء محدود-
Abaqus, Msc.Superform

فهرست

صفحه	عنوان
۱.....	فصل ۱.....
۱.....	تاریخچه.....
۲.....	۱-۱. مقدمه.....
۲.....	۲-۱. مروری بر کارهای انجام شده.....
۱۲.....	فصل ۲.....
۱۲.....	تربیبولوژی بین سطح مشترک ابزار و براده.....
۱۳.....	۱-۲. معرفی.....
۱۴.....	۲-۲. تنش های تماسی.....
۱۴.....	۲-۲-۱. تنش برشی.....
۱۷.....	۲-۲-۲. تنش نرمال.....
۱۹.....	۲-۳. طول تماس.....
۱۹.....	۲-۳-۱. متدولوژی.....
۲۲.....	۲-۴. توزیع تنش های تماسی - نتایج گزارش شده.....
۲۳.....	۲-۴-۱. روش فوتو الاستیک.....
۲۵.....	۲-۴-۲. روش ابزار دو تکه.....
۲۷.....	۲-۴-۳. روش تجربی میدان خط لغزش.....
۲۹.....	۲-۴-۴. توزیعات تنش تماسی - مدل کردن.....
۳۱.....	فصل ۳.....
۳۱.....	اصطکاک.....
۳۲.....	۳-۱. اصطکاک.....
۳۲.....	۳-۲. لغزنده های تحت بار سبک.....
۳۳.....	۳-۲-۱. سطوح حقیقی تماس.....
۳۵.....	۳-۲-۲. منشأ اصطکاک.....
۳۵.....	۳-۲-۳. قوانین لغزش خشک.....
۳۶.....	۳-۲-۴. اصطکاک چسبنده.....
۳۷.....	۳-۳. لغزنده های تحت بار سنگین.....
۳۷.....	۳-۳-۱. اثر مور.....
۴۰.....	۳-۳-۲. اصطکاک لغزنده در بار سنگین.....
۴۲.....	۳-۴. اصطکاک در برش فلزات.....
۴۲.....	۳-۴-۱. ضریب اصطکاک.....
۴۶.....	۳-۴-۲. مدل های اصطکاک.....

۵۲	فصل ۴.....
۵۲	تکنولوژی شبیه سازی شکل گیری براده.....
۵۳	۱-۴. جنبه های عددی.....
۵۳	۱-۱-۴. رویکردها.....
۵۵	۲-۱-۴. انطباق شبکه بندی.....
۵۵	۲-۴. مدل های ماده.....
۵۶	۱-۲-۴. ارزیابی مدل های ترکیبی مواد.....
۵۷	۲-۲-۴. مدل جانسون-کوک.....
۵۸	۳-۲-۴. مدل زرلی-آرمسترنگ.....
۵۹	۴-۲-۴. مقایسه مدل های مختلف بر اساس فولاد AISI 1045.....
۶۱	۳-۴. تکنولوژی شبیه سازی شکل گیری براده.....
۶۱	۱-۳-۴. معرفی.....
۶۱	۲-۳-۴. شبیه سازی شکل گیری براده در الگوریتم Explicit.....
۶۲	۴-۴. شبیه سازی شکل گیری براده پیوسته.....
۶۲	۱-۴-۴. محدودیت های مدل های شکل گیری براده موجود.....
۶۴	۲-۴-۴. مزایای مدل جدید شکل گیری براده.....
۶۵	۵-۴. تکنیک های مش بندی تطبیقی در ABAQUS/EXPLICIT.....
۶۵	۱-۵-۴. انواع نواحی مرزی.....
۶۷	۲-۵-۴. مدل های اویلر - لاگرانژ قراردادی (ALE).....
۷۲	۶-۴. مدل های اصطکاک موجود در ABAQUS/EXPLICIT.....
۷۲	۱-۶-۴. مدل اصطکاک کولومب اساسی.....
۷۳	۲-۶-۴. استفاده از حد تنش برشی.....
۷۴	۳-۶-۴. مدل تنش برشی در مقابل لغزش الاستیک در حالی که چسبندگی رخ می دهد.....
۷۵	۷-۴. مدل سازی به کمک MSC.SUPERFORM.....
۷۸	۸-۴. مدل کردن اصطکاک در SUPERFORM.....
۸۲	۲-۸-۴. جدایش.....
۸۳	فصل ۵.....
۸۳	آزمایشات.....
۸۴	۱-۵. آزمایشات.....
۸۷	فصل ۶.....
۸۷	نتایج.....
۸۸	۱-۶. مقدمه.....
۹۰	۲-۶. نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار MSC.SUPERFORM.....
۹۰	۱-۲-۶. اصطکاک کولومب (مدل ۱).....
۹۱	۲-۲-۶. اصطکاک برشی (مدل ۲).....

۹۱	۳-۲-۶. مدل اصطکاک چسبنده- لغزنده (مدل ۳).....
۹۳	۴-۲-۶. مقایسه ضخامت‌های براده.....
۹۶	۵-۲-۶. مقایسه زوایای صفحه برشی.....
۹۸	۶-۲-۶. مقایسه نیروهای برشی.....
۱۰۱	۷-۲-۶. مقایسه نیروهای فشاری.....
۱۰۴	۸-۲-۶. مقایسه دما.....
۱۰۵	۳-۶. بهترین نتیجه بدست آمده در هر مدل.....
۱۰۶	۴-۶. نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار ABAQUS/EXPLICIT.....
۱۰۶	۱-۴-۶. مقایسه ضخامت‌های براده.....
۱۰۷	۲-۴-۶. مقایسه زوایای برشی.....
۱۰۸	۳-۴-۶. مقایسه نیروهای برشی.....
۱۰۹	۴-۴-۶. مقایسه نیروهای فشاری.....
۱۱۰	۵-۴-۶. مقایسه دما.....
۱۱۳	فصل ۷.....
۱۱۳	بحث و نتیجه گیری.....
۱۱۴	۱-۷. بحث و اظهار نظر.....
۱۱۵	۲-۷. نتیجه گیری.....
۱۱۶	۳-۷. پیشنهادات.....
۱۱۷	فصل ۸.....
۱۱۷	منابع و مراجع.....
۱۱۸	۱-۸. منابع و مراجع.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱.....	فصل ۱.....
۱.....	تاریخچه.....
۱۲.....	فصل ۲.....
۱۲.....	تریبولوژی بین سطح مشترک ابزار و براده.....
۳۱.....	فصل ۳.....
۳۱.....	اصطکاک.....
۵۲.....	فصل ۴.....
۵۲.....	تکنولوژی شبیه سازی شکل گیری براده.....
۵۸.....	جدول ۴-۱. ثابت ها برای مدل ترکیبی جانسون - کوک.....
۵۹.....	جدول ۴-۲. ثابت های مدل ZA برای مواد مختلف.....
۵۹.....	جدول ۴-۳. مدل های تنش جریان برای AISI 1045.....
۶۱.....	جدول ۴-۴. پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی فولاد AISI 1045.....
۸۳.....	فصل ۵.....
۸۳.....	آزمایشات.....
۸۴.....	جدول ۵-۱. خصوصیات AISI 1045.....
۸۵.....	جدول ۵-۲. خصوصیات ماده برای ابزار کاربیدی.....
۸۶.....	جدول ۵-۳. اطلاعات ابزار و شرایط تراشکاری برای آزمایشات و محاسبات.....
۸۶.....	جدول ۵-۴. نتیجه آزمایشات.....
۸۷.....	فصل ۶.....
۸۷.....	نتایج.....
۹۴.....	جدول ۶-۱. ضخامت های براده پیش بینی شده در MSC.SUPERFORM.....
۹۷.....	جدول ۶-۲. زوایای برشی پیش بینی شده در MCS.SUPERFORM.....
۹۹.....	جدول ۶-۳. نیروهای برشی پیش بینی شده در MSC.SUPERFORM.....
۱۰۲.....	جدول ۶-۴. نیروهای فشاری پیش بینی شده در MSC.SUPERFORM.....
۱۰۵.....	جدول ۶-۵. درجه حرارت پیش بینی شده در MSC.SUPERFORM.....
۱۰۶.....	جدول ۶-۶. بهترین نتیجه بدست آمده در هر مدل.....
۱۰۷.....	جدول ۶-۷. ضخامت براده پیش بینی شده در ABAQUS.....
۱۰۸.....	جدول ۶-۸. زاویه صفحه برشی پیش بینی شده در ABAQUS.....
۱۰۹.....	جدول ۶-۹. نیروی برشی پیش بینی شده در ABAQUS.....
۱۱۰.....	جدول ۶-۱۰. نیروی فشاری پیش بینی شده در ABAQUS.....

۱۱۱	جدول ۶-۱۱. درجه حرارت پیش بینی شده در ABAQUS
۱۱۳	فصل ۷
۱۱۳	بحث و نتیجه گیری
۱۱۷	فصل ۸
۱۱۷	منابع و مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱.....	فصل ۱.....
۱.....	تاریخچه.....
۵.....	شکل ۱-۱. مدل توسعه یافته استرنکوسکی و کارول.....
۶.....	شکل ۱-۲. مدل استرنکوسکی و کیونگ-جی مون (A) شکل براده اولیه (B) توزیع نرخ کرنش بعد از حل.....
۷.....	شکل ۱-۳. الگوریتم مدول مش بندی مجدد.....
۱۲.....	فصل ۲.....
۱۲.....	تربیبولوژی بین سطح مشترک ابزار و براده.....
۱۴.....	شکل ۱-۲. تأثیر سرعت برشی بر تنش برشی متوسط.....
۱۵.....	شکل ۲-۲. مقایسه تأثیر درجه حرارت تماسی بر روی تنش برشی متوسط و استحکام برشی در تست کشش.....
۱۶.....	شکل ۲-۳. ارتباط بین تنش برشی متوسط در سطح مشترک ابزار - براده و تنش کشش بی نهایت برای مواد مختلف.....
۱۷.....	شکل ۲-۴. تأثیر سرعت برشی بر روی تنش متوسط نرمال برای فلزات مختلف.....
۱۸.....	شکل ۲-۵. تأثیر سرعت برشی بر تنش نرمال متوسط $C\epsilon$ برای برلیوم مس UNSC17000 با سختیهای مختلف.....
۱۸.....	شکل ۲-۶. تنش متوسط نرمال به عنوان تابعی از زاویه براده نرمال.....
۱۹.....	شکل ۲-۷. ارتباط بین طول تماس و ضخامت براده نتراشیده برای مواد مختلف.....
۲۰.....	شکل ۲-۸. ارتباط بین طول تماس و سرعت برشی برای مواد مختلف.....
۲۱.....	شکل ۲-۹. ارتباط بین طول تماس و سرعت برشی برای فولاد های مختلف.....
۲۱.....	شکل ۲-۱۰. تأثیر زاویه براده بر روی طول تماس.....
۲۲.....	شکل ۲-۱۱. تأثیر طول تماس بر روی تنش نرمال مخصوص و متوسط درجه حرارت تماسی در سطح تماس ابزار - براده.....
۲۴.....	شکل ۲-۱۲. توزیعات تنش گزارش شده در مقالات: (A) تنش نرمال (B) تنش برشی.....
۲۵.....	شکل ۲-۱۳. اصول اندازه گیری توزیع تنش با استفاده از ابزار دوتکه.....
۲۸.....	شکل ۲-۱۴. نمایش کیفی توزیع تنش نرمال (A) و برشی (B) بوسیله روت و اکسلی.....
۲۹.....	شکل ۲-۱۵. سطح تماس ابزار - براده که شامل بخشهای الاستیک و پلاستیک است.....
۳۰.....	شکل ۲-۱۶. تأثیر سرعت برشی بر روی طول تماس L_c و بخش پلاستیک L_{c-p} در سطح تماس ابزار - براده.....
۳۱.....	فصل ۳.....
۳۱.....	اصطکاک.....
۳۸.....	شکل ۳-۱. لغزنده صفحه ای با بار افزایشی (P)، سطح بالای هاشور خورده سخت است و سطح پایینی نرم، منطقه E الاستیک است.....
۳۸.....	شکل ۳-۲. ترسیم مس سخت کاری شده (۸۴ ویکرز) با شیارهای ۰/۰۲۵ (که قبل از دندان دار شدن با قطر ۶MM و گام ۰/۱۸MM) (A) بار ۲۰۰KG (B) بار ۲۰۰۰KG.....
۳۹.....	شکل ۳-۳. نمای ناهمواریهای صاف شده با تنش نرمال توسط سطح خیلی صاف.....
۴۰.....	شکل ۳-۴. رفتار سطوح تماس تحت تنش نرمال بالا.....

شکل ۳-۵. سه منطقه اصطکاکی جامد(شاو، بر و مامین ۱۹۶۰).....	۴۱
شکل ۳-۶. وسیله تست برای اندازه گیری اصطکاک با جریان پلاستیک در سطح زیری.....	۴۲
شکل ۳-۷. نمایی از نیروهای عمل کننده در سطح تماس تماس ابزار - براده.....	۴۳
شکل ۳-۸. مدل صفحه برشی شکل گیری براده.....	۴۶
شکل ۳-۹. نسبت ناحیه واقعی تماس بر روی ناحیه ظاهری تماس درمقابل بار نرمال در ماشین کاری فلزات.....	۴۷
شکل ۳-۱۰. مدل توزیع تنش برشی و نرمال سطح براده توسط زروف.....	۴۸
فصل ۴.....	۵۲
تکنولوژی شبیه سازی شکل گیری براده.....	۵۲
شکل ۴-۱. محدوده تست مدل تنش جریان برای فولاد AISI 1045.....	۶۰
شکل ۴-۲. ترک شکل داده شده، پیش روی لبه ابزار در شبیه سازی.....	۶۳
شکل ۴-۳. مشکلات در تحلیل شکل گیری براده با هندسه براده اولیه نامناسب.....	۶۴
شکل ۴-۴. نواحی مرزی در مدل شکل گیری براده.....	۶۵
شکل ۴-۵. ویژگی هندسی.....	۶۶
شکل ۴-۶. تأثیر اصلاح انحناء.....	۶۷
شکل ۴-۷. شرایط مرزی اوپنر- لاگرانژ.....	۶۸
شکل ۴-۸. تحلیل شکل گیری براده اولیه.....	۶۸
شکل ۴-۹. تحلیل رشد براده.....	۶۹
شکل ۴-۱۰. مرحله شکل گیری براده حالت پایدار.....	۷۰
شکل ۴-۱۱. شرایط مرزی مدل لاگرانژ خالص با شرایط ALE.....	۷۱
شکل ۴-۱۲. شبیه سازی شکل گیری براده با ابزار لبه گرد.....	۷۲
شکل ۴-۱۳. نواحی لغزش برای مدل اصطکاکی کولومب.....	۷۳
شکل ۴-۱۴. نواحی لغزش برای مدل حد تنش برشی.....	۷۴
شکل ۴-۱۵. ارتباط لغزش الاستیک در مقابل کشش برشی برای اصطکاک لغزنده و چسبنده.....	۷۵
شکل ۴-۱۶. مدل المان محدود MSC.SUPER FORM.....	۷۵
شکل ۴-۱۷. المان چهارگوش.....	۷۶
شکل ۴-۱۸. توزیع کانتور دما در حین براده برداری برای اصطکاک کولومب.....	۷۷
شکل ۴-۱۹. توزیع کانتور کرنش پلاستیک در حین براده برداری برای اصطکاک کولومب.....	۷۷
شکل ۴-۲۰. تنش اصطکاکی تابع پله ای و اصلاح شده آن.....	۷۹
شکل ۴-۲۱. تقریب لغزش چسبنده.....	۷۹
شکل ۴-۲۲. جریان برنامه برای روش چسبنده- لغزنده.....	۸۰
شکل ۴-۲۳. مدل خطی کولومب در مقابل رفتار مشاهده شده.....	۸۱
فصل ۵.....	۸۳
آزمایشات.....	۸۳
شکل ۵-۱. استحکام تسیم در مقابل کرنش پلاستیک برای AISI 1045.....	۸۵
فصل ۶.....	۸۷

نتایج.....	۸۷
شکل ۶-۱. نمونه ای از نمودار نیروی برشی در مقابل نمو.....	۸۸
شکل ۶-۲. تأثیر مقدار نفوذ تماس.....	۸۹
شکل ۶-۳. تأثیر روش بررسی نفوذ (PENETRATION CHECK) بر نتایج.....	۸۹
شکل ۶-۴. تأثیر ضریب اصطکاک بر ضخامت براده در مدل کولومب.....	۹۴
شکل ۶-۵. تأثیر فاکتور اصطکاک M بر روی ضخامت براده در مدل برشی.....	۹۵
شکل ۶-۶. تأثیر ضریب اصطکاک بر ضخامت براده در مدل اصطکاک چسبنده - لغزنده.....	۹۵
شکل ۶-۷. منحنی توزیع نرخ کرنش معادل در شبیه سازی.....	۹۶
شکل ۶-۸. تأثیر ضریب اصطکاک بر زاویه صفحه برشی در مدل کولومب.....	۹۷
شکل ۶-۹. تأثیر فاکتور اصطکاک بر روی زاویه صفحه برشی برای مدل اصطکاک برشی.....	۹۸
شکل ۶-۱۰. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی زاویه صفحه برشی برای مدل اصطکاک چسبنده لغزنده.....	۹۸
شکل ۶-۱۱. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی نیروی برشی در مدل کولومب.....	۱۰۰
شکل ۶-۱۲. تأثیر فاکتور اصطکاک بر نیروی برشی در مدل اصطکاک برشی.....	۱۰۰
شکل ۶-۱۳. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی نیروی برشی در مدل اصطکاک چسبنده - لغزنده.....	۱۰۱
شکل ۶-۱۴. نیروهای عمل کننده بر ابزار.....	۱۰۱
شکل ۶-۱۵. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی نیروی فشاری در مدل اصطکاکی کولومب.....	۱۰۳
شکل ۶-۱۶. تأثیر فاکتور برشی بر روی نیروی فشاری در مدل اصطکاکی برشی.....	۱۰۳
شکل ۶-۱۷. تأثیر ضریب اصطکاک بر نیروی فشاری در مدل اصطکاکی چسبنده - لغزنده.....	۱۰۴
شکل ۶-۱۸. توزیع درجه حرارت در قطعه کار.....	۱۰۴
شکل ۶-۱۹. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی ضخامت براده در مدل های مختلف اصطکاکی در ABAQUS.....	۱۰۷
شکل ۶-۲۰. تأثیر ضریب اصطکاک بر زاویه صفحه برشی در مدل های مختلف اصطکاکی در ABAQUS.....	۱۰۸
شکل ۶-۲۱. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی نیروی برشی در مدل های مختلف اصطکاکی در ABAQUS.....	۱۰۹
شکل ۶-۲۲. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی نیروی فشاری در مدل های مختلف اصطکاکی در ABAQUS.....	۱۱۰
شکل ۶-۲۳. حرارت توزیع شده در قطعه کار.....	۱۱۱
شکل ۶-۲۴. تأثیر ضریب اصطکاک بر روی درجه حرارت در مدل های مختلف اصطکاکی در ABAQUS.....	۱۱۲
فصل ۷.....	۱۱۳
بحث و نتیجه گیری.....	۱۱۳
فصل ۸.....	۱۱۷
منابع و مراجع.....	۱۱۷

فهرست علائم اختصاری

l_c	طول تماس
τ_c	تنش برشی متوسط
σ_c	تنش متوسط نرمال
σ_{uts}	تنش کشش نهائی
γ_n	زاویه براده نرمال
f	پیشروی
d_w	عمق برش
A_R	سطح حقیقی تماس
A	سطح ظاهری تماس
P	بار اعمال شده
H	سختی برآمدگی ها
τ	استحکام برشی
β	ثابت عددی
μ_f	ضریب اصطکاک کولومب
N	نیروی عمودی
F	نیروی اصطکاکی
γ	زاویه براده
F_n	بار نرمال
F_t	بار مماسی
k	تنش جریان قطعه کار
H_v	سختی ویکرز
p	فشار تماسی

فصل ۱

تاریخچه

۱-۱. مقدمه

یکی از مهمترین فرآیندهای ساخت و تولید ماشین کاری می باشد. در زمینه توسعه و رشد تئوریهای مربوط به ماشینکاری مواد تلاشهای بسیاری انجام شده است، به طوری که در حال حاضر با انبوهی از اطلاعات در زمینه های مختلف ماشین کاری مواد روبرو هستیم. عملیات ماشین کاری از جمله برش متعامد فلز، فرآیندی غیر خطی و پیچیده و ترکیبی از فرآیندهای مکانیکی و حرارتی است. پیچیدگی ها ناشی از کرنش و نرخ کرنش بالا در ناحیه اول برش و تماس و اصطکاک بین ابزار و براده در ناحیه دوم برش است. علاوه بر این، پیچیدگی ناشی از ایجاد حرارت موضعی از طریق تبدیل کار پلاستیکی در براده حین تشکیل براده و کار اصطکاکی بین ابزار و براده نیز می باشد. معرفی شبیه سازی عددی یک نقطه ناپیوستگی در این زمینه بوجود آورده است و مطالعه متغیرهای بسیاری که وابسته به فرآیند ماشین کاری هستند را امکان پذیر کرده است. بسیاری از محققان و دانشمندان علاقمند به بسط و گسترش مدل های عددی برای شبیه سازی فرآیندهای تراشکاری فلزات هستند. در این میان روش المان محدود براساس مدل های شبیه سازی در پیش بینی شکل گیری براده، محاسبه توزیع کرنش، نرخ کرنش، درجه حرارت، تنش های روی لبه ابزار، در براده و بر روی سطح قطعه کار ماشین کاری شده خیلی لازم و ضروری است. اعتبار نتایج بدست آمده از شبیه سازی المان محدود بستگی به دقت مقادیر ورودی دارد و از این بین اصطکاک در طول سطح براده- ابزار برای پیش بینی متغیرهای تراشکاری مانند نیروی تراشکاری، اطلاعات براده و توزیع درجه حرارت بسیار مهم و حیاتی است .

۱-۲. مروری بر کارهای انجام شده

امروزه تعداد زیادی از محصولات تجاری و ماشین آلات صنعتی توسط فرآیندهای براده برداری تولید می شود. هزینه های براده بر داری از فلزات به قیمت نهایی کالای تولید شده که ممکن است به صورت ساخت ماشین آلات و یا قطعات یدکی باشد افزوده می گردد . لذا مطالعه بیشتر بر روی متغیر های مختلف براده برداری به منظور کاهش قیمت تمام شده محصولات از اهمیت ویژه ای برخوردار است، از این رو فرآیند براده برداری مورد مطالعات وسیع تجربی، تحلیلی و عددی قرار گرفته است.

اولین مدل برای تحلیل برش متعامد در سال ۱۹۴۱ توسط ارنست و مرچنت^۱ ارائه گردید. در این مدل برای ارتباط زاویه صفحه برشی به زاویه براده یا پیشانی ابزار (سطح براده) از روش انرژی استفاده شده است. نتایج این مدل، فقط برای مواد پلیمری و فولاد های SAE ۴۳۴۰ با داده های تجربی مطابقت داشت. مدل دیگری توسط لی و شافر^۲ در سال ۱۹۵۱ ارائه شد در این مدل از خطوط لغزشی مثلثی در نزدیکی لبه برش استفاده شده است و مواد به صورت صلب - کاملاً پلاستیک در نظر گرفته شده و از اثرات اصطکاک صرفنظر شده است. در طی سالهای ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۷ مدل‌های زیادی برای بررسی متغیر های ماشین کاری مورد استفاده قرار گرفته است [۳،...،۹].

در این مدلها با به کار بردن تئوری پلاستیسیته که شامل اثرات کار سختی می باشد، تغییرات تنش سیلان، در طی عملیات ماشین کاری بدست آمده [۱۰]، اگر چه این مطالعات دریچه جدیدی را در فرآیند براده برداری باز نمود، ولی بر اساس فرضیات ساده ای بنا شده بود که نمی توانست مواردی مانند سطوح اصطکاک در سطح تماس ابزار و براده، کرنش سختی، حساسیت به نرخ کرنش، ایجاد لبه انباشته، تشکیل براده و انحنا دار شدن شکل براده را توجیه کند. این متغیرها در بسیاری از گزارشهای بعدی مدل گردیده است [۱۱،...،۱۶].

خطوط لغزش یکی از مواردی بود که برای شبیه سازی فرآیند براده برداری مورد استفاده قرار گرفت. آخرین مدل خطوط لغزش در سال ۱۹۷۸ ارائه گردید [۱۷].

با توسعه روشهای عددی مانند روش المان محدود و پیشرفت کامپیوترها در طی دهه های اخیر مشکلات محاسبات و محدودیت های مدل های کامپیوتری مرتفع گردیده است و روش المان محدود برای مطالعه براده برداری از فلزات مورد استفاده قرار گرفته است. اولین مدل برای شبیه سازی عملیات ماشین کاری به روش المان محدود در سال ۱۹۷۳ ارائه گردید و برای شبیه سازی فرآیند براده برداری از یک مدل سه بعدی الاستیک - پلاستیک استفاده شده، در این شبیه سازی ها از فرمولاسیون لاگرانژ به روز شده استفاده گردید [۱۸]. از معایب این مدل نادیده گرفتن تأثیرات نرخ کرنش و اصطکاک بود. بعداً این مدل با استفاده از مدل تغییر شکل ترمو-الاستیک - پلاستیک اصلاح شد.

تای^۳ و همکارانش در سال ۱۹۷۴ شبیه سازی المان محدود را برای پیش بینی درجه حرارت در حالت پایدار ماشین کاری متعامد استفاده کردند [۱۹].

یوشی و شیراکاشی^۴ از پیشگامان شبیه سازی تشکیل براده در سال ۱۹۸۲ در مدل المان محدودشان از مدل ماده الاستو پلاستیک استفاده کردند و شکل براده و ماده را به صورت خطوط جریان فرض کردند. آنها یک روش خاص محاسبه به اسم روش همگرایی تکراری^۵ برای بدست آوردن راه حل ها برای تراشکاری حالت پایدار توسعه دادند که همگرایی محاسبات را در مقایسه با فرآیند

1-ernest,M.and Merchant

2- Lee,E.H.and Shaffer

3- Tay

4- Usui, E. and Shirakashi

5-convergence iterative

ناپایدار واقعی شتاب می داد. محدودیت اصلی این مدل رفتار جدایش براده بوسیله ترک کوچکی در لبه برشکاری بود که طبیعت تغییر شکل پلاستیک در فرآیند ماشین کاری تحت شرایط حالت پایدار را نقض می کرد. در این مدل هندسه براده به صورت ثابت در نظر گرفته شد و ابزار به صورت افزایشی پیش می رفت. همچنین آنها یک مدل اصطکاکی شامل نواحی چسبنده و لغزنده را ارائه دادند [۲۰].

در سال ۱۹۸۳، استیونسون^۱ و همکارانش [۲۱] با استفاده از نتایج بدست آمده از آزمایشات پیش با نرخ کرنش بالا [۲۲] تنش سیلان و حرارت تحت شرایط آدیابا تیک (بی در رو) و بر اساس متغیرهای نرخ کرنش را به دست آوردند. در سال ۱۹۸۴ مدل دیگری برای تحلیل اجرای محدود برش متعامد ارائه گردید. در این مدل تأثیرات اصطکاک در نظر گرفته شد، اما این مدل محدود به سرعت برش و نرخ کرنش پایین بود، و رفتار مواد به صورت صلب پلاستیک در نظر گرفته شد چون در این مدل تغییر شکل در حالت الاستیک وجود ندارد و بنابراین تعیین تنش های پسماند امکان پذیر نمی باشد. در این کار مدل اولیه با دادن شرایط تراشکاری و شکل ابزار تولید شد و سپس مدل با استفاده از نتیجه تحلیل محدود کرنش صفحه ای اصلاح می شد، اصلاح مدل تا هنگامی که شکل بدست آمده از براده و توزیع کرنش (تنش جریان) با فرض منطبق شود، تکرار خواهد شد. شرایط مرزی بر اساس فرض حرکت قطعه کار با سرعت ثابت به سمت ابزار غیر متحرک داده می شود. نیروی برشی F_s عمل کننده بر روی سطح براده در اثر تنش اصطکاکی تابعی از نیروی نرمال F_n است. در این مدل از شبکه بندی پایدار در شرایطی که دمای جسم یکنواخت باشد، استفاده شد [۲۳].

در سال ۱۹۸۸، استرنکوسکی و کارول^۲ [۲۴] دو روش المان محدود برای تراشکاری متعامد فلزات ارائه دادند. از این مدل ها، میدانهای تنش کرنش در براده و قطعه کار، هندسه براده و نیروهای تراشکاری تخمین زده می شد. اولین مدل براساس نسخه اصلاح شده خاصی از کد لاگرانژ به روز شده است که در آزمایشگاه ملی لیورمورد لاورنس ایجاد شد و مدل ماده الاستیک - پلاستیک را به کار می برد. این کد به اسم NIKE 2D می باشد. در دومین مدل ناحیه مجاورت ابزار تراشکاری را به عنوان یک میدان اوپلری تلقی کردند که مواد از این میدان می گذرد. شکل ۱-۱ این میدان را نشان می دهد.

1- Stevenson

2- Caroll, J. T. and Strenkowski