۳۹۶۶۰

دانشگاه تهران

دانشکده فنی - گروه مکانیک

تحلیل عددی شکل دهی فلزات با استفاده از تکنیک Adaptivity

۱۳۸۰ /۸/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

نگارش : رضا ادیبی اصل

استاد راهنما : آقای دکتر محمدی

اساتید ممتحن : آقای دکتر معصومی

آقای دکتر سلطانی

013711

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک - طراحی کاربردی

تابستان ۱۳۸۰

۳۹۶۶۰

موضوع پایان نامه:

تحلیل عددی شکل دهی فلزات با استفاده از تکنیک Adaptivity

توسط : رضا ادیبی اصل

پایان نامه براي دریافت درجه کارشناسی ارشددر رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۰/۶/۳۱ در مقابل هیات داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده:
مدیر گروه آموزشی:
نماینده تحصیلات تکمیلی:
استاد راهنما:
عضو هیات داوران:
عضو هیات داوران:

تقدیم به

پدر و مادر

عزیزم

تشکر و قدردانی

نگارنده وظیفه خود می‌داند که از اساتید مربوط به این پروژه تشکر و قدردانی نماید .

آقای دکتر محمدی

آقای دکتر معصومی

آقای دکتر سلطانی

چکیده:

یکی از فرآیندهای پیچیده در شکل دهی فلزات، فرآیندی است که در آن قطعه تحت برش قرار می‌گیرد، مانند فرآیند برشکاری و فرآیند ماشینکاری. اکثر قطعات مکانیکی با استفاده از این فرآیندهای پیچیده ساخته شده است به همین دلیل با شناخت بعضی از این فرآیندها می‌توان هم کیفیت کار را بالا برد و هم باعث کاهش در زمان و هزینهٔ تولید در این فرآیندها شد. علی رغم تحقیقات زیادی که در این نوع فرآیندها شده است ، تا به امروز فرمول ریاضی که بتواند کاملاً این فرآیندها را بیان کند، وجود ندارد به همین دلیل برای این کار از مدل سازی عددی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها، روش المانهای محدود می‌باشد .

مدل سازی عددی فرآیندهای برش فلزات نه تنها نیاز به مدل کردن صحیح می‌باشد، بلکه بدلیل پیچیدگی خاصی که دارند، نیاز است از روشهای محاسباتی پیشرفته نظیر بهینه سازی شبکه، الگوریتم‌های محاسبهٔ مسائل تماسی، روش‌های حل مسائل تداخل حرارتی - مکانیکی و تغییر شکل‌های بزرگ، استفاده نمود. وقتی که یک جسم تحت بارگذاری قرار گیرد، در اثر این بارگذاری المانهای موجود در قطعه دچار تغییر شکل انحرافی می‌شوند که باعث به وجود آمدن خطای زیادی در حل المانهای محدود خواهد شد به همین دلیل باید از بهینه سازی شبکه استفاده کرد که شبکهٔ جدید مناسبی تولید شود و باعث کاهش خطا در حل شود .

کلید واژه : شکل دهی فلزات ، المان محدود، بهینه سازی شبکه، پدیدهٔ تداخل، مکانیک تماس.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول: ماشینکاری و تاریخچهٔ مدل سازی عددی آن

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲-کلیات مربوط به ماشینکاری ۳

۱-۳- تئوری براده برداری عمودی ۶

۱-۴- روش عددی برای تحلیل براده برداری عمودی ۸

۱-۵- پیشینهٔ پروژه ۱۰

فصل دوم: روش المانهای محدود

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- تئوری المانهای محدود ۱۷

۲-۳- المانهای محدود وابسته به زمان ۲۰

۲-۳-۱- مسائل مکانیکی ۲۰

۲-۳-۲- مسائل حرارتی ۲۳

۲-۴- روش حل مسائل غیر خطی ۲۴

۲-۵- تغییر شکل انحرافی المانها ۲۷

فصل سوم: بهینه سازی شبکه

۳-۱- مقدمه ۳۰

۳-۲- انواع روش‌های بهینه سازی شبکه ۳۰

۳-۳-نُرم ها ۳۳

۳-۴- تخمین خطا در مسائل الاستیک ۳۵

۳-۵- تخمین خطا در مسائل غیر خطی ۳۶

عنوان	صفحه

۳-۶- تخمین خطا بر پایهٔ نرخ کار آسیب دهنده ۳۸

۳-۷- انتقال اطلاعات ۳۹

۳-۷-۱- عملگر انتقال T_1^* برای متغیرهای نقاط گوس ۴۱

۳-۷-۲- عملگر انتقال T_2^* برای متغیرهای گره‌ای ۴۳

۴-۷- مدل سازی صفحهٔ بیضی شکل با استفاده از بهینه سازی شبکه ۴۳

فصل چهارم: مکانیک تماس

۴-۱- مقدمه ۴۷

۴-۲- روشهای اعمال قید ۴۸

۴-۲-۱- روش پنالتی ۵۰

۴-۲-۲- روش ضرایب لاگرانژ ۵۱

۴-۲-۳- روش تعمیم یافته لاگرانژ ۵۱

۴-۲-۴- روش افزوده شدهٔ لاگرانژ ۵۲

۴-۳- جستجوی تماس ۵۴

۴-۳-۱- چگونگی جستجو ۵۴

۴-۳-۲- روش درخت دیجیتالی تناوبی ۵۵

۴-۴- اصطکاک در شکل دهی فلزات ۶۰

۴-۵- مدل سازی تماس بین دو استوانه ۶۲

فصل پنجم: تداخل مسائل مکانیکی - حرارتی

۵-۱- مقدمه ۶۶

۵-۲- تئوری تداخل مکانیکی - حرارتی ۶۶

۵-۳- مدل سازی عددی فرآیند ریخته گری ۷۱

فصل ششم: تنش - کرنش و قانونهای نرخ تنش - کرنش

۶-۱- مقدمه ۸۰

عنوان	صفحه

۶-۲- نمودار نیرو - ازدیاد طول در کشش ساده ۸۰

۶-۳- منحنی‌های ایده آل تنش -کرنش ۸۱

۶-۴- معادله پرندل - روس ۸۲

۶-۵- معادلات لوی - میزز ۸۴

۶-۶- قانون نرخ تنش -کرنش فون میزز ۸۴

۶-۷- معیار تسلیم و قانونهای سیلان ۸۵

۶-۷-۱- معیار تسلیم ترسکا ۸۶

۶-۷-۲- معیار تسلیم فون میزز ۸۶

۶-۷-۳- معیار تسلیم برای تنش صفحه‌ای ۸۸

۶-۸- بررسی سخت شوندگی و نرم شوندگی ۸۹

۶-۹- سطوح تسلیم ۹۰

فصل هفتم: نتایج

۷-۱- مدل سازی عددی صفحهٔ سوراخ دار ۹۲

۷-۲- مدل سازی عددی فرآیند برشکاری ۹۸

۷-۳- مدل سازی عددی براده برداری ناپیوسته ۱۲۳

۷-۴- بحث و نتیجه گیری ۱۴۴

۷-۵- پیشنهادات برای کارهای بعدی ۱۴۵

منابع و مراجع ۱۴۶

فهرست اشکال

عنوان شکل **صفحه**

شکل (۱-۱) انواع براده برداری ۳

شکل (۱-۲) انواع براده ۵

شکل (۱-۳) تفاوت برادهٔ پیوسته و ناپیوسته ۵

شکل (۱-۴) شکل‌گیری نوار برشی در عمل ۶

شکل (۱-۵) نیروهای موجود در براده برداری ۶

شکل (۱-۶) معیار جدایش ۸

شکل (۱-۷) معیار فاصله ۹

شکل (۱-۸) ماگزیمم کرنش پلاستیک برشی ۱۰

شکل (۱-۹) مدل Komvopoulos (1991) ۱۱

شکل (۱-۱۰) مدل Lin (1992) ۱۱

شکل (۱-۱۱) مدل Chenot , Sekhon (1993) ۱۱

شکل (۱-۱۲) مدل Tseng , Hashemi (1994) ۱۲

شکل (۱-۱۳) مدل Xie و همکارانش (1995) ۱۲

شکل (۱-۱۴) مدل Usui , Obikawa (1996) ۱۳

شکل (۱-۱۵) مدل نقدآبادی و همکارانش (1998) ۱۴

شکل (۲-۱) شبکه و اجزاء آن ۱۶

شکل (۲-۲) کاربرد روش المانهای محدود در مسائل مهندسی ۱۶

شکل (۲-۳) منحنی تنش - کرنش ۱۹

شکل (۲-۴) مثالی از تفاضل مرکزی ۲۱

شکل (۲-۵) به دست آوردن تنش ۲۳

شکل (۲-۶) الف) فنر غیر خطی ب) رفتار ماده ۲۵

عنوان شکل	صفحه

شکل (۲-۷) روشن نیوتن - رافسون ۲۶

شکل (۲-۸) نسبت اضلاع در المان مربعی و مثلثی ۲۷

شکل (۲-۹) نمایش زوایای داخلی المان چهار ضلعی و مثلثی ۲۸

شکل (۲-۱۰) **Tapper** در المان چهار ضلعی ۲۹

شکل (۲-۱۱) نسبت انحناء در المان چهار ضلعی ۲۹

شکل (۳-۱) بهینه سازی در تیر یکسرگیردار ۳۱

شکل (۳-۲) شبکه بندی دوباره ۳۲

شکل (۳-۳) توزیع تنش در مرز المانها ۳۵

شکل (۳-۴) دیاگرام بالایی بیانگر عملگر ضمنی و پائینی بیانگر عملگر صریح ۴۰

شکل (۳-۵) انتقال اطلاعات از نقاط گوس به گره ها ۴۱

شکل (۳-۶) انتقال از شبکهٔ قدیم به جدید ۴۱

شکل (۳-۷) بدست آوردن متغیرهای نقاط گوس از نقاط گرهی ۴۳

شکل (۳-۸) صفحه بیضی شکل ۴۴

شکل (۳-۹) اشکال مربوط به روند بهینه سازی شبکه ۴۵

شکل (۴-۱) مثالهایی از تغییر شکل بزرگ ۴۷

شکل (۴-۲) مثالهایی از کاربرد المان تماسی ۴۸

شکل (۴-۳) برخورد دو جسم در حالت کلی ۵۰

شکل (۴-۴) تاثیر پارامترهای مکانیک تماس ۵۴

شکل (۴-۵) چکونگی جستجو ۵۵

شکل (۴-۶) جسم احاطه شده ۵۵

شکل (۴-۷) تبدیل فضای یک بعدی به دو بعدی ۵۶

شکل (۴-۸) فضای یک بعدی ۵۶

عنوان شکل	صفحه

شکل (۴-۹) فضای دو بعدی ۵۶

شکل (۴-۱۰) بدست آوردن موقعیت عضوها ۵۷

شکل (۴-۱۱) ایجاد درخت نهائی ۵۷

شکل (۴-۱۲) محدودهٔ جستجو ۵۸

شکل (۴-۱۳) عضوهایی که با A احتمال تماس دارند ۵۹

شکل (۴-۱۴) تولید فهرست ۵۹

شکل (۴-۱۵) بررسی تماس با استفاده از روش دایره‌ای ۶۰

شکل (۴-۱۶) اصطکاک کولمبی ۶۱

شکل (۴-۱۷) شکل مسئله دو استوانه ۶۲

شکل (۴-۱۸) شبکه بندی و شرایط مرزی ۶۳

شکل (۴-۱۹) کانتور تنش معادل ۶۴

شکل (۴-۲۰) نمودار تنش معادل - زمان ۶۵

شکل (۵-۱) تماس حرارتی ۷۰

شکل (۵-۲) منحنی آنتالپی بر حسب دما ۷۱

شکل (۵-۳) قالب ریخته گری ۷۲

شکل (۵-۴) شبکه بندی و شرایط مرزی ۷۴

شکل (۵-۵) نمودار آنتالپی - دما ۷۴

شکل (۵-۶) منحنی دما - زمان ۷۵

شکل (۵-۷) کانتور برداری فلاکس و گرادیان حرارتی ۷۶

شکل (۵-۸) کانتورهای توزیع دما ۷۷

شکل (۵-۹) کانتور تنش معادل (با تغییر شکل) ۷۹

شکل (۵-۱۰) کانتور تغییر مکان (با تغییر شکل) ۷۹

عنوان شکل	صفحه

شکل (۶-۱) منحنی نیرو - ازدیاد طول ۸۰

شکل (۶-۲) منحنی‌های ایده‌ال ۸۲

شکل (۶-۳) دایره مور برای تنش و نموهای کرنش پلاستیک ۸۳

شکل (۶-۴) نمایش معیار تسلیم روی صفحه TT ۸۸

شکل (۶-۵) نمایش معیار تسلیم برای حالت تنش صفحه‌ای ۸۹

شکل (۶-۶) منحنی تنش -کرنش ۸۹

شکل (۶-۷) منحنی واقعی تنش -کرنش ۹۱

شکل (۶-۸) تغییر شکل سطوح تسلیم ۹۱

شکل (۷-۱) هندسهٔ صفحه سوراخ دار ۹۲

شکل (۷-۲) اشکال مربوط به روند شبکه بندی بهینهٔ صفحهٔ سوراخ دار ۹۳

شکل (۷-۳) اشکال مربوط به روند توزیع کرنش پلاستیک صفحهٔ سوراخ دار ۹۶

شکل (۷-۴) فرآیند برشکاری ۹۸

شکل (۷-۵) اشکال مربوط به روند شبکه بندی بهینه در فرآیند برشکاری ۹۹

شکل (۷-۶) اشکال مربوط به روند توزیع کرنش پلاستیک در فرآیند برشکاری ۱۰۷

شکل (۷-۷) اشکال مربوط به روند توزیع دما در فرآیند برشکاری ۱۱۶

شکل (۷-۸) المان تماسی در فرآیند براده برداری ۱۲۳

شکل (۷-۹) شکل شماتیک براده ناپیوسته ۱۲۴

شکل (۷-۱۰) نواحی تغییر شکل در براده برداری عمودی ۱۲۴

شکل (۷-۱۱) اشکال مربوط به روند شبکه بندی بهینه در فرآیند براده برداری ۱۲۶

شکل (۷-۱۲) اشکال مربوط به روند توزیع کرنش پلاستیک در فرآیند براده برداری ۱۳۲

شکل (۷-۱۳) اشکال مربوط به روند توزیع دما در فرآیند براده برداری ۱۳۸

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول (۴-۱) مقایسهٔ نتایج ۶۲

جدول (۵-۱) خواص متغیر با حرارت برای مذاب ۷۳

جدول (۵-۲) خواص مواد ۷۳

جدول (۷-۱) خواص مادهٔ صفحهٔ سوراخ دار ۹۲

جدول (۷-۲) مشخصات فرآیند برشکاری ۹۸

جدول (۷-۳) مشخصات فرآیند براده برداری ۱۲۵

دارد ، نیاز است که از بهینه سازی شبکه استفاده شود، که در فرآیندهای ماشینکاری استفاده از این روش الزامی می‌باشد. همچنین در این فصل راجع به چگونگی انتقال اطلاعات از شبکهٔ قدیم به شبکهٔ جدید نیز توضیحاتی داده شده است .

فصل چهارم راجع به مکانیک تماس می‌باشد که در مورد روابط بین دو جسم که با هم در تماس هستند یا به هم برخورد می‌کنند، بحث می‌کند. در این فصل در مورد روشهای اعمال این تماس[۱] و الگوریتمهای مربوط به جستجوی مؤلفه‌های تماس[۲]، مطالبی ارائه شده است .

فصل پنجم راجع به تداخل[۳] مسائل مکانیکی - حرارتی می‌باشد. در این فصل روابط موجود بین دو میدان حرارتی و مکانیکی با یکدیگر، بررسی شده است. در فرآیندهای شکل دهی فلزات به علت تماس اجزاء با یکدیگر و همچنین در اثر تغییر شکل حرارت تولید می‌شود، با استفاده از روابط مربوط به تداخل می‌توان این حرارت را محاسبه نمود.

فصل ششم در مورد روابط تنش و کرنش از دید تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته می‌باشد. در این فصل در مورد مدل‌های واماندگی قطعات و همچنین منحنی تنش -کرنش مواد، مطالبی ارائه شده است. در این فصل همچنین در مورد سطوح تسلیم و خصوصیات آنها، توضیحاتی داده شده است .

فصل هفتم، فصل نتایج می‌باشد که در آن مدلهای مربوط به فرآیندهای برشکاری و ماشینکاری و نتایج آنها ارائه شده و در هر کدام از فرآیندهای گفته شده روند بهینه سازی شبکه، توزیع کرنش پلاستیک و توزیع دما با استفاده از شکل فرآیند در هر زمان، بیان شده است. همچنین در انتهای این فصل، نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای کارهای بعدی ارائه شده است.

در این پروژه از نرم افزارهای المان‌های محدود Ansys ، Elfen برای مدل سازی عددی استفاده شده است. همچنین برای مدل سازی از زبان برنامه نویسی این نرم افزارها نیز کمک گرفته شده است. با کمک ابزارهای بیان شده در این پروژه مدل سازی فرآیند براده برداری ناپیوسته همچنین برشکاری انجام شده است که توزیع دما در این فرآیندها نیز بررسی شده است.

مرکز اطلاعات علمی ایران

1- Contact interaction

2- Contact detection

3- Coupling