

# شکل دادن فلزات

## مکانیک و متالورژی

ویرایش چهارم

ویلیام ف. هاسفورد  
رابرت م. کدیل

ترجمه

مهندس محمدرضا افطالی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی  
دانشگاه صنعتی شریف

**Metal Forming:**  
**Mechanics and Metallurgy, 4<sup>th</sup> ed.**

by: William F. Hosford, Robert M. Caddell  
CAMBRIDGE, 2011

**شکل دادن فلزات:**

مکانیک و متالورژی، ویرایش چهارم  
تألیف ویلیام ف. هاسفورد، رابرت م. کدل

ترجمه محمدرضا افضلی

آماده سازی قبل از چاپ: فرهنگ

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

چاپ اول: ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۱۸۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-108-0

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۱۰۸-۰

دفتر مرکزی: خیابان آزادی، دانشگاه صنعتی شریف      تلفن: ۶۶۱۶۴۰۷۲-۶۶۱۶۴۰۷۳      تلفکس: ۶۶۰۱۳۱۲۹

دفتر فروش: میدان انقلاب- خیابان شهید منبری جاوید (آردیبهشت)- ساختمان ۲۵۳ - طبقه چهارم- واحد ۴۰۲

پست الکترونیکی: publication@mehr.sharif.edu      تلفن: ۶۶۹۶۷۸۹۶      تلفکس: ۶۶۴۰۵۱۳۲

موضوع: فلزکاری

موضوع: تغییر شکل (مکانیک)

شناسه افزوده: کدل، رابرت، ۱۹۲۵-م.

شناسه افزوده: Caddell, Robert M.

شناسه افزوده: افضلی، محمدرضا، ۱۳۳۱- مترجم.

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.

رده بندی کنفر: ۱۳۹۳ ش ۴۷۱/۳

رده بندی دیویی: ۶۷۱/۳

شماره کتابشناسی ملی: ۳۵۸۵۴۹۶

سرشناسه: هاسفورد، ویلیام، Hosford, William F.

عنوان و نام پدیدآور: شکل دادن فلزات: مکانیک و متالورژی / تألیف ویلیام ف. هاسفورد،

رابرت م. کدل؛ ترجمه محمدرضا افضلی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۴۶۲ ص:، مصور، جدول، نمودار.

شابک: 978-964-208-108-0

وضعیت فهرست نویسی: فیا.

یادداشت: عنوان اصلی:

Metal Forming: Mechanics and Metallurgy, 4<sup>th</sup> ed. 2011.

یادداشت: ویرانیه.

به نام خدا

## فهرست مطالب

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| سیزده  | شکل دادن فلزات، ویراست چهارم |
| چهارده | پیشگفتار ویراست چهارم        |
| ۱      | ۱ تنش و کرنش                 |
| ۱      | ۱.۱ تنش                      |
| ۲      | ۲.۱ تبدیل تنش                |
| ۵      | ۳.۱ تنش‌های اصلی             |
| ۶      | ۴.۱ معادله‌های دایره مور     |
| ۹      | ۵.۱ کرنش                     |
| ۱۲     | ۶.۱ کرنش‌های کوچک            |
| ۱۴     | ۷.۱ تانسور کرنش              |
| ۱۴     | ۸.۱ کشسانی همسانگرد          |
| ۱۶     | ۹.۱ انرژی کرنش               |
| ۱۶     | ۱۰.۱ موازنه‌های نیرو و لنگر  |
| ۱۸     | ۱۱.۱ شرایط مرزی              |
| ۲۰     | نکته‌های خواندنی             |
| ۲۰     | مرجع‌ها                      |
| ۲۰     | پیوست - معادله‌های تعادل     |
| ۲۱     | مسئله‌ها                     |

|    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| ۲۵ | ۲ مومسانی                                           |
| ۲۵ | ۱.۲ معیارهای تسلیم                                  |
| ۲۷ | ۲.۲ معیار ترسکا                                     |
| ۲۸ | ۳.۲ معیار فون میزر                                  |
| ۳۱ | ۴.۲ تنش مؤثر                                        |
| ۳۲ | ۵.۲ کرنش مؤثر                                       |
| ۳۲ | ۶.۲ قوانین شارش                                     |
| ۳۵ | ۷.۲ اصل قائم بودن                                   |
| ۳۶ | ۸.۲ به دست آوردن کرنش مؤثر فون میزر                 |
| ۳۸ | نکته‌های خواندنی                                    |
| ۳۹ | مرجع‌ها                                             |
| ۳۹ | مسئله‌ها                                            |
| ۴۳ | ۳ کرنش سختی                                         |
| ۴۳ | ۱.۳ آزمون کشش                                       |
| ۴۶ | ۲.۳ گذار کشسان - مومسان                             |
| ۴۷ | ۳.۳ تنش و کرنش مهندسی در مقایسه با تنش و کرنش حقیقی |
| ۴۸ | ۴.۳ عبارت توانی                                     |
| ۵۱ | ۵.۳ سایر تقریب‌های کرنش سختی                        |
| ۵۲ | ۶.۳ رفتار در حین باریک‌شدگی                         |
| ۵۳ | ۷.۳ آزمون فشار                                      |
| ۵۴ | ۸.۳ آزمون کوژکاری                                   |
| ۵۵ | ۹.۳ آزمون فشار با کرنش صفحه‌ای                      |
| ۵۶ | ۱۰.۳ آزمون پیچش                                     |
| ۵۷ | نکته‌های خواندنی                                    |
| ۵۷ | مرجع‌ها                                             |
| ۵۸ | مسئله‌ها                                            |
| ۶۱ | ۴ ناپایداری مومسان                                  |
| ۶۱ | ۱.۴ کشش تک‌محوری                                    |
| ۶۳ | ۲.۴ اثر ناهمگنی‌ها                                  |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۶۵  | ۳.۴ کشش دوجوری متوازن                   |
| ۶۶  | ۴.۴ کره جدارنازک تحت فشار               |
| ۶۸  | ۵.۴ مفهوم ناپایداری                     |
| ۶۸  | نکته‌های خواندنی                        |
| ۶۹  | مرجع‌ها                                 |
| ۶۹  | مسئله‌ها                                |
| ۷۳  | ۵ وابستگی دما و آهنگ کرنش               |
| ۷۳  | ۱.۵ آهنگ کرنش                           |
| ۷۷  | ۲.۵ اثر مومسانی                         |
| ۸۱  | ۳.۵ اثر ناهمگنی‌ها                      |
| ۸۵  | ۴.۵ آثار مرکب کرنش و آهنگ کرنش          |
| ۸۷  | ۵.۵ توصیف دیگری از وابستگی آهنگ کرنش    |
| ۹۰  | ۶.۵ وابستگی تنش شارش به دما             |
| ۹۵  | ۷.۵ نقشه‌های مکانیسم تغییر شکل          |
| ۹۶  | ۸.۵ گرمکاری                             |
| ۹۷  | ۹.۵ افزایش دما در حین تغییر شکل         |
| ۹۹  | نکته‌های خواندنی                        |
| ۱۰۰ | مرجع‌ها                                 |
| ۱۰۰ | مسئله‌ها                                |
| ۱۰۳ | ۶ موازنه کار                            |
| ۱۰۳ | ۱.۶ کار ایدئال                          |
| ۱۰۴ | ۲.۶ روزنرانی و کشش                      |
| ۱۰۶ | ۳.۶ بازده تغییر شکل                     |
| ۱۰۷ | ۴.۶ ماکزیمم کاهش سطح مقطع در عملیات کشش |
| ۱۰۸ | ۵.۶ آثار زاویه حدیده و کاهش مقطع        |
| ۱۰۹ | ۶.۶ قرارکاری                            |
| ۱۱۱ | مرجع‌ها                                 |
| ۱۱۱ | مسئله‌ها                                |

## ۷ تحلیل قاچی

- ۱۱۵ ۱.۷ کشش ورق  
۱۱۵ ۲.۷ کشش سیم و مفتول  
۱۱۸ ۳.۷ اصطکاک در فشردن به حالت کرنش صفحه‌ای  
۱۲۱ ۴.۷ اصطکاک چسبنده  
۱۲۲ ۵.۷ شرایط مختلط چسبنده-لغزنده  
۱۲۳ ۶.۷ فصل مشترک با تنش برشی ثابت  
۱۲۳ ۷.۷ فشردن با تقارن محوری  
۱۲۵ ۸.۷ قیاس تل ماسه  
۱۲۵ ۹.۷ نوردکاری تخت  
۱۲۹ ۱۰.۷ تخت شدن غلتک‌ها  
۱۳۳ ۱۱.۷ خمش غلتک  
۱۳۶ ۱۲.۷ ضربه زنی  
۱۳۶ ۱۳.۷ کاهش سطح تماس  
۱۳۷ نکته خواندنی  
۱۳۷ مرجع‌ها  
۱۳۷ مسئله‌ها

## ۸ اصطکاک و روانکاری

- ۱۴۳ ۱.۸ کلیات  
۱۴۳ ۲.۸ یافته‌های تجربی  
۱۴۷ ۳.۸ آزمون اصطکاک حلقه  
۱۴۸ ۴.۸ برهم‌سایی  
۱۴۸ ۵.۸ ارتعاشات فراصوتی  
۱۵۰ نکته خواندنی  
۱۵۰ مرجع‌ها  
۱۵۰ مسئله‌ها

## ۹ تحلیل کران بالایی

- ۱۵۱ ۱.۹ کران‌های بالایی  
۱۵۲ ۲.۹ مصرف انرژی روی صفحه برش

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۱۵۳ | ۳.۹ روزنرانی بدون اصطکاک با کرنش صفحه‌ای    |
| ۱۵۹ | ۴.۹ فروبری بدون اصطکاک در حالت کرنش صفحه‌ای |
| ۱۶۱ | ۵.۹ فشردن با کرنش صفحه‌ای                   |
| ۱۶۳ | ۶.۹ رهیافت دیگری به کران‌های بالایی         |
| ۱۶۴ | ۷.۹ تحلیل کران بالایی مرکب                  |
| ۱۶۵ | ۸.۹ کشش به حالت کرنش صفحه‌ای                |
| ۱۶۷ | ۹.۹ کشش با تقارن محوری                      |
| ۱۶۸ | مرجع‌ها                                     |
| ۱۶۸ | مسئله‌ها                                    |

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| ۱۷۵ | ۱۰ تحلیل میدان خط لغزش               |
| ۱۷۵ | ۱.۱۰ مقدمه                           |
| ۱۷۶ | ۲.۱۰ معادله‌های تنش حاکم             |
| ۱۸۰ | ۳.۱۰ شرایط مرزی                      |
| ۱۸۱ | ۴.۱۰ فروبری با کرنش صفحه‌ای          |
| ۱۸۳ | ۵.۱۰ سرعت‌نگار برای میدان‌های لغزش   |
| ۱۸۴ | ۶.۱۰ روزنرانی به حالت کرنش صفحه‌ای   |
| ۱۸۷ | ۷.۱۰ مصرف انرژی در میدان خط لغزش     |
| ۱۸۷ | ۸.۱۰ واپیچش فلز                      |
| ۱۸۹ | ۹.۱۰ فروبری تختال‌های ضخیم           |
| ۱۹۱ | ۱۰.۱۰ کشش به حالت کرنش صفحه‌ای       |
| ۱۹۸ | ۱۱.۱۰ فصل مشترک‌های با تنش برشی ثابت |
| ۲۰۰ | ۱۲.۱۰ تشکیل لوله                     |
| ۲۰۰ | نکته‌های خواندنی                     |
| ۲۰۳ | مرجع‌ها                              |
| ۲۰۳ | پیوست                                |
| ۲۰۷ | مسئله‌ها                             |

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| ۲۱۹ | ۱۱ شکل هندسی منطقه تغییر شکل |
| ۲۱۹ | ۱.۱۱ پارامتر $\Delta$        |
| ۲۲۰ | ۲.۱۱ اصطکاک                  |

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۲۲۱ | ۳.۱۱ تغییر شکل اضافی                                          |
| ۲۲۴ | ۴.۱۱ ناهمگنی                                                  |
| ۲۲۹ | ۵.۱۱ آسیب داخلی                                               |
| ۲۳۴ | ۶.۱۱ تنش‌های باقیمانده                                        |
| ۲۳۸ | ۷.۱۱ مقایسه تغییر شکل کرنش صفحه‌ای و تغییر شکل با تقارن محوری |
| ۲۳۹ | نکته خواندنی                                                  |
| ۲۳۹ | مرجع‌ها                                                       |
| ۲۳۹ | مسئله‌ها                                                      |
| ۲۴۳ | ۱۲ قابلیت شکلدهی                                              |
| ۲۴۳ | ۱.۱۲ شکل پذیری                                                |
| ۲۴۳ | ۲.۱۲ متالورژی                                                 |
| ۲۴۸ | ۳.۱۲ شکست نرم                                                 |
| ۲۴۹ | ۴.۱۲ تنش هیدروستاتیکی                                         |
| ۲۵۴ | ۵.۱۲ آزمون‌های قابلیت شکلدهی حجمی                             |
| ۲۵۵ | ۶.۱۲ قابلیت شکلدهی در گرمکاری                                 |
| ۲۵۶ | نکته خواندنی                                                  |
| ۲۵۶ | مرجع‌ها                                                       |
| ۲۵۶ | مسئله‌ها                                                      |
| ۲۵۹ | ۱۳ خمکاری                                                     |
| ۲۵۹ | ۱.۱۳ خمکاری ورق                                               |
| ۲۶۴ | ۲.۱۳ خمکاری همراه باکشش                                       |
| ۲۶۶ | ۳.۱۳ مدول ینگ در باربرداری                                    |
| ۲۶۶ | ۴.۱۳ کاهش و اجش                                               |
| ۲۶۷ | ۵.۱۳ جابه‌جایی محور خنثی                                      |
| ۲۶۸ | ۶.۱۳ خمش پذیری                                                |
| ۲۶۹ | ۷.۱۳ خمکاری مقاطع استاندارد                                   |
| ۲۷۱ | ۸.۱۳ حدود شکلدهی در خمکاری                                    |
| ۲۷۱ | نکته خواندنی                                                  |
| ۲۷۳ | مرجع‌ها                                                       |
| ۲۷۳ | مسئله‌ها                                                      |



|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۲۷۷ | ۱۴ ناهمسانگردی خواص مومسان                                 |
| ۲۷۷ | ۱.۱۴ اساس بلورشناختی                                       |
| ۲۸۰ | ۲.۱۴ اندازه گیری R                                         |
| ۲۸۰ | ۳.۱۴ نظریه مومسانی ناهمسانگرد هیل                          |
| ۲۸۳ | ۴.۱۴ حالت های خاص معیار تسلیم هیل                          |
| ۲۸۵ | ۵.۱۴ معیارهای تسلیم غیر درجه دوم                           |
| ۲۸۸ | ۶.۱۴ محاسبه ناهمسانگردی با استفاده از مشخصه های بلورشناختی |
| ۲۸۸ | نکته خواندنی                                               |
| ۲۸۹ | مرجع ها                                                    |
| ۲۸۹ | مسئله ها                                                   |

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| ۲۹۳ | ۱۵ کاسگری، بازکشی و اتوکاری  |
| ۲۹۳ | ۱.۱۵ کاسگری                  |
| ۲۹۶ | ۲.۱۵ آثار ناهمسانگردی در کشی |
| ۲۹۸ | ۳.۱۵ آثار کرنش سختی بر کشی   |
| ۳۰۱ | ۴.۱۵ تحلیل فرض ها            |
| ۳۰۲ | ۵.۱۵ آثار ابزار بر کاسگری    |
| ۳۰۳ | ۶.۱۵ گوش دار شدن             |
| ۳۰۵ | ۷.۱۵ بازکشی                  |
| ۳۰۷ | ۸.۱۵ اتوکاری                 |
| ۳۰۸ | ۹.۱۵ شکلهای چند مرحله ای     |
| ۳۰۹ | ۱۰.۱۵ ماتریس های مخروطی      |
| ۳۱۲ | ۱۱.۱۵ قوطی های کشی           |
| ۳۱۳ | ۱۲.۱۵ تنش های باقیمانده      |
| ۳۱۴ | نکته های خواندنی             |
| ۳۱۴ | مرجع ها                      |
| ۳۱۵ | مسئله ها                     |

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| ۳۱۹ | ۱۶ نمودارهای حد شکلهای   |
| ۳۱۹ | ۱.۱۶ باریک شدگی موضعی    |
| ۳۲۴ | ۲.۱۶ نمودارهای حد شکلهای |

- ۳۲۶ ۳.۱۶ تعیین نمودار حد شکلهی به روش تجربی
- ۳۲۸ ۴.۱۶ محاسبه نمودارهای حد شکلهی
- ۳۳۲ ۵.۱۶ عوامل مؤثر بر حدود شکلهی
- ۳۳۶ ۶.۱۶ تغییر مسیر کرنش
- ۳۳۷ ۷.۱۶ حدود شکلهی مبتنی بر تنش

- ۳۳۸ نکته خواندنی
- ۳۳۸ مرجع‌ها
- ۳۳۹ مسئله‌ها

## ۳۴۳ ۱۷ قالب‌زنی

- ۳۴۳ ۱.۱۷ قالب‌زنی
- ۳۴۳ ۲.۱۷ آویزه‌ها
- ۳۴۵ ۳.۱۷ توزیع کرنش
- ۳۴۷ ۴.۱۷ فلز آزاد و چروکیدگی
- ۳۴۹ ۵.۱۷ واجهش
- ۳۵۱ ۶.۱۷ مهر کرنش
- ۳۵۲ ۷.۱۷ طراحی قالب
- ۳۵۴ ۸.۱۷ چقرمگی و گسیختگی ورق
- ۳۵۶ ۹.۱۷ نکات کلی
- ۳۵۷ نکته‌های خواندنی
- ۳۵۸ مرجع‌ها
- ۳۵۸ مسئله‌ها

## ۳۶۱ ۱۸ شکلهی هیدرولیکی

- ۳۶۱ ۱.۱۸ کلیات
- ۳۶۲ ۲.۱۸ انبساط آزاد لوله
- ۳۶۴ ۳.۱۸ شکلهی هیدرولیکی برای تولید مقاطع مربعی
- ۳۶۷ ۴.۱۸ مقاطع خمیده
- ۳۶۸ نکته خواندنی
- ۳۶۸ مرجع‌ها
- ۳۶۸ مسئله‌ها

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۳۷۱ | ۱۹ سایر فرایندهای ورقکاری                     |
| ۳۷۱ | ۱.۱۹ شکلدهی غلتکی                             |
| ۳۷۳ | ۲.۱۹ چرخانش                                   |
| ۳۷۵ | ۳.۱۹ شکل‌های گسترش‌پذیر                       |
| ۳۷۵ | ۴.۱۹ ورقکاری نموی                             |
| ۳۷۵ | ۵.۱۹ برشکاری                                  |
| ۳۷۸ | ۶.۱۹ خمکاری لبه، گشاد کردن سوراخ، و فتيله‌کني |
| ۳۸۰ | ۷.۱۹ لب برگردانی                              |
| ۳۸۰ | نکته خواندنی                                  |
| ۳۸۱ | مرجع‌ها                                       |
| ۳۸۱ | مسئله‌ها                                      |
| ۳۸۳ | ۲۰ آزمون‌های قابلیت شکلدهی                    |
| ۳۸۳ | ۱.۲۰ آزمون‌های کاسگری                         |
| ۳۸۴ | ۲.۲۰ LDH آزمون                                |
| ۳۸۶ | ۳.۲۰ افزایش طول پسایکنواخت                    |
| ۳۸۶ | ۴.۲۰ آزمون قابلیت شکلدهی اوسو                 |
| ۳۸۶ | ۵.۲۰ انبساط سوراخ                             |
| ۳۸۷ | ۶.۲۰ آزمون کوژکاری هیدرولیکی                  |
| ۳۹۱ | ۷.۲۰ آزمون اصطکاک دونکن                       |
| ۳۹۱ | مرجع‌ها                                       |
| ۳۹۱ | مسئله‌ها                                      |
| ۳۹۵ | ۲۱ خواص ورق فلزی                              |
| ۳۹۵ | ۱.۲۱ مقدمه                                    |
| ۳۹۵ | ۲.۲۱ ظاهر سطح                                 |
| ۳۹۷ | ۳.۲۱ کرنش پیری                                |
| ۴۰۰ | ۴.۲۱ تخت‌کاری غلتکی و نوردکاری بازیختی        |
| ۴۰۱ | ۵.۲۱ خواص فولادها                             |
| ۴۰۱ | ۶.۲۱ فولادهای کم‌کربن                         |
| ۴۰۷ | ۷.۲۱ قطعه‌کارهای جوشکاری‌شده                  |

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| ۴۰۸ | ۸.۲۱ فولادهای ورق مخصوص   |
| ۴۰۹ | ۹.۲۱ عملیات روی سطح       |
| ۴۱۰ | ۱۰.۲۱ فولادهای زنگ‌نزن    |
| ۴۱۰ | ۱۱.۲۱ آلیاژهای آلومینیم   |
| ۴۱۶ | ۱۲.۲۱ مس و برنج           |
| ۴۱۸ | ۱۳.۲۱ فلزات شش‌گوش فشرده  |
| ۴۱۹ | ۱۴.۲۱ قالب‌ها             |
| ۴۱۹ | ۱۵.۲۱ یکنواختی محصول      |
| ۴۲۰ | ۱۶.۲۱ قراضه               |
| ۴۲۱ | نکته‌های خواندنی          |
| ۴۲۱ | مرجع‌ها                   |
| ۴۲۱ | مسئله‌ها                  |
| ۴۲۵ | واژه‌نامه انگلیسی - فارسی |
| ۴۳۳ | واژه‌نامه فارسی - انگلیسی |
| ۴۴۱ | نمایه                     |

## شکل دادن فلزات، ویراست چهارم

هدف از تألیف این کتاب کمک به مهندسان و دانشجویان مهندسی برای درک اصول شکل دادن فلزات و تحلیل مسائل شکل دادن - هم از جنبه مکانیک فرایندهای شکل دادن، و هم از لحاظ برهمکنش خواص فلزات با فرایندهاست. در این کتاب یک فصل کامل به نمودارهای حد شکلهی و جنبه‌های مختلف قالب‌رئی و فصلی دیگر به سایر عملیات شکل دادن ورق تخصیص یافته است. آزمون‌های ورق فلزی در فصل دیگری گنجانده شده است. بحث مربوط به خواص ورق فلزی مفصل‌تر شده است. در سرتاسر کتاب، در آخر هر فصل، نکته‌های خواندنی و منابع افزوده شده است. بیش از ۲۰۰ مسئله پایان فصل نیز در کتاب گنجانده شده است.

ویلیام اف. هاسفورد استاد ممتاز مهندسی و علم مواد در دانشگاه میشیگان است. پروفیسور هاسفورد بیش از ۸۰ مقاله فنی و چندین کتاب، از جمله مکانیک پلورها و بس پلورهای بافت‌دار؛ متالورژی فیزیکی، ویراست دوم؛ رفتار مکانیکی مواد، ویراست دوم؛ علم مواد، درس‌مقدماتی؛ مصالح مهندسی؛ گزارش دادن نتایج (همراه با دیوید وان آکن)؛ و سفر با کانو در طبیعت وحشی را تألیف کرده است.

رابرت ام. کدیل استاد مهندسی مکانیک در دانشگاه میشیگان، واقع در آن آرپور بود.

## پیشگفتار ویراست چهارم

نویسنده همکار من، رابرت گدِل در سال ۱۹۹۰ درگذشت. دلم برای همکاری با او تنگ شده است.

بیشترین تغییرات نسبت به ویراست سوم، اضافه کردن فصلی جدید در مورد اصطکاک و روانکاری و تجدید سازمان ثلث آخر کتاب است که به ورقکاری اختصاص دارد. در اغلب فصل‌های بخش آخر کتاب تجدیدنظر شده و یک فصل کامل به شکلدهی هیدرولیکی تخصیص یافته است. بخش جدیدی نیز به شکلدهی نموی اختصاص داده شده است. در این کتاب هیچ تلاشی برای معرفی روش‌های عددی به عمل نیامده است. کتاب‌های دیگری به این مهم پرداخته‌اند. به نظر ما، درک کامل فرایند و روابط بنیادی که برای تحلیل فرایند شکل دادن در برنامه کامپیوتری گنجانده می‌شوند ضروری است. به عنوان مثال، استفاده از معیار تسلیم ناهمسانگرد ۱۹۴۸ هیل به بروز خطاهای فاحش منتهی می‌شود.

ویلیام اف. هاسفورد