

高等學校教學用書

金屬塑性變形理論

鍛造和模鍛時的應力狀態

A. Д. 托姆列諾夫著

高等教育出版社

52.55

高等学校教学用书



金屬塑性变形理論

鍛造和模鍛時的应力状态

A. Д. 托姆列諾夫 著

徐鯉庭 樊大鈞 趙旭生 譯

高教教育出版社

本書係根据苏联國立機器製造書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 出版的, А. Д. 托姆列諾夫 (А. Д. Томленов) 所著“金屬塑性變形理論” (Теория пластических деформаций металлов) 1951 年莫斯科版譯出。原書經苏联高等教育部審定為機器製造高等工業學校教學參考書。

本書共分九章, 主要是闡述鍛造和模鍛時的應力狀態。書中首先敘述外力、應力和應變狀態, 其次說明塑性變形的條件和各種塑性變形, 然後說明如何根據求滑移線的方法來求模鍛各種形狀機件的模鍛力, 並附有實際數據和經驗公式。

原書係根據苏联機器製造高等工業學校“金屬壓力加工原理”課程的教學大綱而編寫。本書可供高等工業學校機器製造專業學生及從事研究壓力加工的技術人員之用。

本書由徐鯉庭、樊大鈞、趙旭生合譯互校。

金屬塑性變形理論

А. Д. 托姆列諾夫著

徐鯉庭·樊大鈞 趙旭生譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

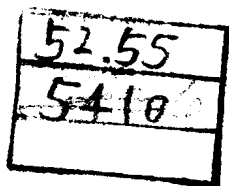
新华印刷厂印刷 新华書店總經售

書號 19010-199 開本 850×1168 1/32 印張 7 1/16 字數 169,000

一九五五年十二月北京第一版

一九五七年一月北京第二次印刷

印數: 2,001—6,000 定價: (8) 1.10



目 錄

序	7
第一章 外力	11
1. 作用力	11
2. 約束反作用力	12
3. 慣性力	16
第二章 应力	18
4. 应力状态	18
5. 应力表面及主法線应力	21
6. 三度空間应力状态下的应力圓	23
7. 主法線应力的方向、应力常數	25
8. 应力橢圓体	27
9. 主剪应力	27
10. 八面体应力	31
11. 微分平衡条件	32
12. 平面問題	34
13. 平面問題中的应力圓	37
14. 应力橢圓	41
15. 單軸应力状态	42
第三章 应变	44
16. 微应变	44
17. 最後应变	49
18. 变形速度	50
19. 塑性变形和应力的關係	55
20. 塑性变形速度和应力間的關係	57
第四章 塑性条件	59

21. 概念	59
22. 主法線应力之差不变的条件	60
23. 能量的塑性条件	64
24. 主法線应力之差不变的塑性条件与能量的塑性条件的实验验证	68
25. 粘塑性变形	70
26. 塑性条件的总结	72
第五章 塑性变形的基本形态	74
27. 拉伸	74
28. 剪切	76
29. 扭转	80
30. 弯曲	85
31. 弹塑性和塑性纵弯曲	95
第六章 滑移线、特性线及塑性方程式的积分	103
32. 滑移线	103
33. 特性线	105
34. 塑性方程式的积分	107
35. 钝衝头的压入	114
36. 圆衝头的压入	117
第七章 塑性压缩	120
37. 压缩力	120
38. 在平行接触平面与一个侧平面所组成的断面情况下的压缩	121
39. 在平行接触平面间压缩时的特性线	125
40. 压缩封闭矩形断面的毛坯时应力的分布	129
41. 应用塑性方程式的积分来确定存在摩擦力时的接触应力	136
42. 楔形断面毛坯压缩时的应力分布	140
43. 有关应力分布问题的一般解法	150
第八章 锻造和模锻时变形力之确定	156
44. 概論	156
45. 速度及温度对变形阻力的影响	156
46. 应力状态特性的影响	159
47. 锻造及模锻的规程	160

48. 在压力机上的自由鍛粗	164
49. 在压力机上的立体模鍛	168
50. 在鍛鏈上的自由鍛粗	180
51. 在鍛鏈上的立体模鍛	186
52. 压挤法	190
53. 压孔	203
54. 金屬板的拉延	212
55. 孔的弯边	216
第九章 經驗公式及数据	218
56. 概論	218
57. 在鍛鏈上的自由鍛造	218
58. 在压力机上的自由鍛造	219
59. 在鍛鏈上的立体模鍛	219
60. 在鍛压机上的立体模鍛	220
61. 在臥式鍛压机上的頂鍛	220
62. 在水压机上的压孔	221
参考書目	222
譯名对照表	224
人名对照表	226

52.55

高等学校教学用书



金屬塑性变形理論

鍛造和模鍛時的应力状态

A. Д. 托姆列諾夫 著

徐鯉庭 樊大鈞 趙旭生 譯

高教教育出版社

本書係根据苏联國立機器製造書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 出版的, А. Д. 托姆列諾夫 (А. Д. Томленов) 所著“金屬塑性變形理論” (Теория пластических деформаций металлов) 1951 年莫斯科版譯出。原書經苏联高等教育部審定為機器製造高等工業學校教學參考書。

本書共分九章, 主要是闡述鍛造和模鍛時的應力狀態。書中首先敘述外力、應力和應變狀態, 其次說明塑性變形的條件和各種塑性變形, 然後說明如何根據求滑移線的方法來求模鍛各種形狀機件的模鍛力, 並附有實際數據和經驗公式。

原書係根據苏联機器製造高等工業學校“金屬壓力加工原理”課程的教學大綱而編寫。本書可供高等工業學校機器製造專業學生及從事研究壓力加工的技術人員之用。

本書由徐鯉庭、樊大鈞、趙旭生合譯互校。

金屬塑性變形理論

А. Д. 托姆列諾夫著

徐鯉庭·樊大鈞 趙旭生譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

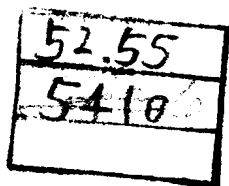
新华印刷厂印刷 新华書店總經售

書號 19010-199 開本 850×1168 1/32 印張 7 1/16 字數 169,000

一九五五年十二月北京第一版

一九五七年一月北京第二次印刷

印數: 2,001—6,000 定價: (8) 1.10

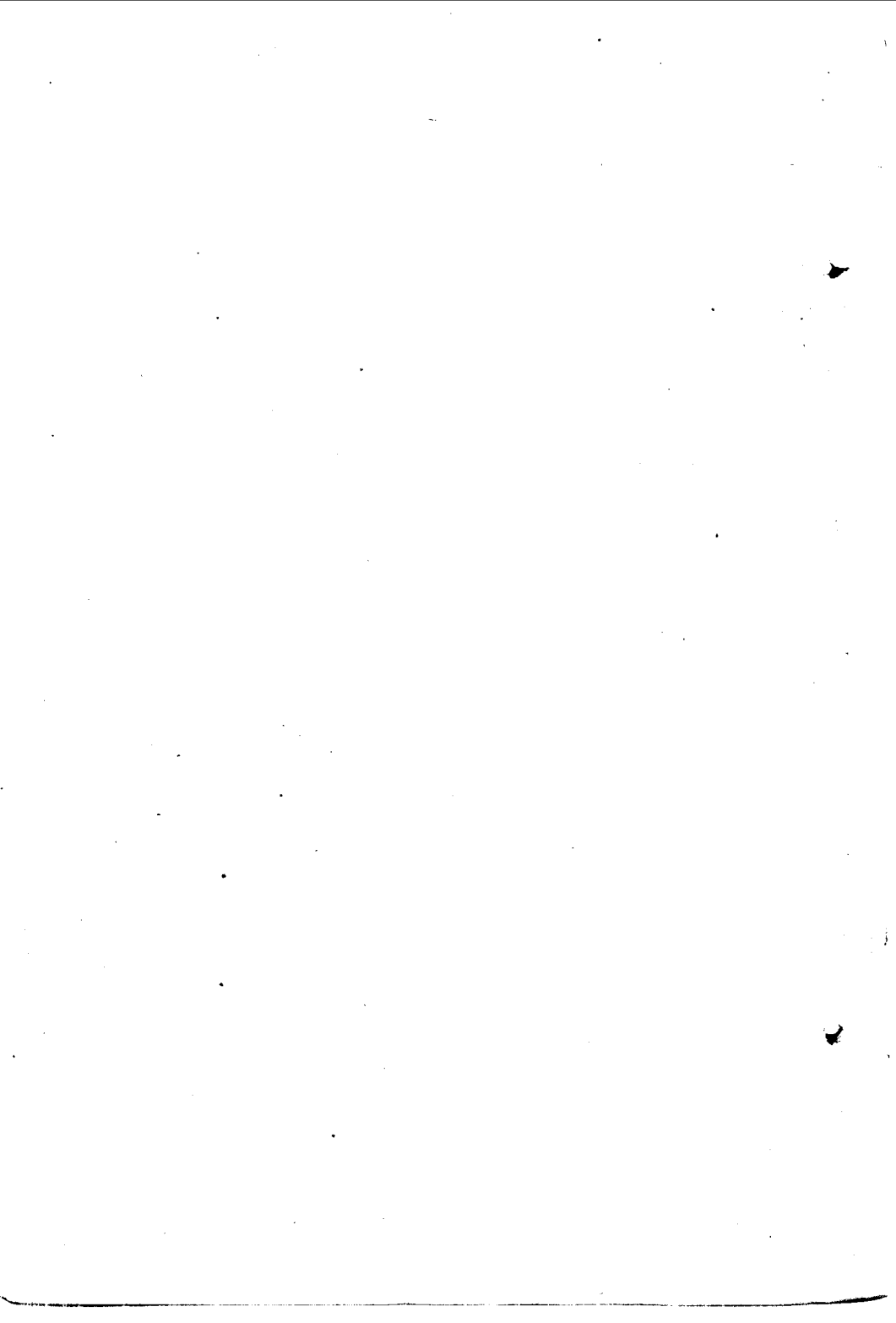


目 錄

序	7
第一章 外力	11
1. 作用力	11
2. 約束反作用力	12
3. 慣性力	16
第二章 应力	18
4. 应力状态	18
5. 应力表面及主法線应力	21
6. 三度空間应力状态下的应力圓	23
7. 主法線应力的方向、应力常數	25
8. 应力橢圓体	27
9. 主剪应力	27
10. 八面体应力	31
11. 微分平衡条件	32
12. 平面問題	34
13. 平面問題中的应力圓	37
14. 应力橢圓	41
15. 單軸应力状态	42
第三章 应变	44
16. 微应变	44
17. 最後应变	49
18. 变形速度	50
19. 塑性变形和应力的關係	55
20. 塑性变形速度和应力間的關係	57
第四章 塑性条件	59

21. 概念	59
22. 主法線应力之差不变的条件	60
23. 能量的塑性条件	64
24. 主法線应力之差不变的塑性条件与能量的塑性条件的实验验证	68
25. 粘塑性变形	70
26. 塑性条件的总结	72
第五章 塑性变形的基本形态	74
27. 拉伸	74
28. 剪切	76
29. 扭转	80
30. 弯曲	85
31. 弹塑性和塑性纵弯曲	95
第六章 滑移線、特性線及塑性方程式的积分	103
32. 滑移線	103
33. 特性線	105
34. 塑性方程式的积分	107
35. 鈍衝头的压入	114
36. 圓衝头的压入	117
第七章 塑性压缩	120
37. 压缩力	120
38. 在平行接触平面与一个側平面所組成的断面情况下的压缩	121
39. 在平行接触平面間压缩时的特性線	125
40. 压缩封闭矩形断面的毛坯时应力的分佈	129
41. 应用塑性方程式的积分來確定存在摩擦力时的接触应力	136
42. 楔形断面毛坯压缩时的应力分佈	140
43. 有关应力分佈問題的一般解法	150
第八章 鍛造和模鍛时变形力之確定	156
44. 概論	156
45. 速度及溫度对变形阻力的影响	156
46. 应力状态特性的影响	159
47. 鍛造及模鍛的規程	160

48. 在压力机上的自由鍛粗	164
49. 在压力机上的立体模鍛	168
50. 在鍛鏈上的自由鍛粗	180
51. 在鍛鏈上的立体模鍛	186
52. 压挤法	190
53. 压孔	203
54. 金屬板的拉延	212
55. 孔的弯边	216
第九章 經驗公式及数据	218
56. 概論	218
57. 在鍛鏈上的自由鍛造	218
58. 在压力机上的自由鍛造	219
59. 在鍛鏈上的立体模鍛	219
60. 在鍛压机上的立体模鍛	220
61. 在臥式鍛压机上的頂鍛	220
62. 在水压机上的压孔	221
参考書目	222
譯名对照表	224
人名对照表	226



序

金屬受外力的作用改變其形狀而不被破壞的性質或能力叫作塑性。具有這種性質時的狀態叫作塑性狀態。在現代金屬加工工業中廣泛利用金屬的這個重要性質使半製成的和製成的機件成一定的形狀。

以利用金屬塑性性質為基礎的工藝程序或是用壓力加工金屬的工藝程序的主要特點是工作週期的時間短，節省金屬的消耗並且在加工過程中改善其性質。

金屬的塑性不僅和金屬本身的性質有關而且和它們的變形條件有關。同樣一種金屬在某些條件下可以顯示出是塑性的，而在另外一些條件下就顯示出是脆性的。闡明塑性變形最有利的條件是金屬塑性變形理論的一個基本任務，例如，關於確定用壓力加工金屬得到最大塑性時的條件的問題是包括在這個任務內的。

在壓力加工的過程中，金屬的物理性質發生變化。研究金屬塑性變形和金屬物理性質改變的關係是金屬塑性理論的另一個任務。

正如實驗所證明的，為了得到塑性變形，必須在金屬上加足夠的力量。其值由變形條件，變形金屬的性質，製品的形狀和尺寸來確定。為了選擇設備和計算工藝裝置須要知道變形力的大小。

確定在工藝過程中使金屬塑性變形之力同樣是金屬塑性變形理論的一個重要任務。

斯大林同志在他的一篇著作中曾這樣確定理論的價值：“大家知道，理論，如果它是真正的理論，就能給實際以指導的力量，使前

途明確，使工作有把握，對我們事業的勝利有信心”^①。

從這個有力的和明確的獨一無二的見解中得出結論，金屬壓力加工理論的基本任務就是要研究出鍛造和模鍛工藝的科學原理。

大部分金屬壓力加工理論問題的解決是從確定應力狀態開始的。這本書主要是討論鍛造和模鍛時應力狀態的問題。

金屬壓力加工的理論是以塑性理論，金屬物理，科學實驗研究和工廠的經驗為基礎的。

當我們掌握塑性理論的基本原理後，我們就可以從金屬壓力加工工藝程序的合理性和實現它的最有利條件的觀點來分析這種工藝程序。

蘇聯的學者和工程師們加重了研究和創造金屬壓力加工理論的重大意義。

在1763年出版的M. B. 羅蒙諾索夫的著作“冶金和採礦原理”中包括極有意義的材料，同時它也是俄國第一本採礦方面的教科書，書的第一章開始就說“可以鍛造的光亮物體叫作金屬”。

如此，第一本俄國的冶金理論著作是從談到鍛造開始的。

蘇聯學者得米特里·康斯坦丁諾維奇·切爾諾夫(1839—1921)的發現有非常重要的意義。

這個發現——著名的“切爾諾夫點”——現在在全世界聞名的鋼的結構改變的臨界溫度，是Д. Е. 切爾諾夫在阿布拉莫夫斯基工廠研究鋼砲筒的鍛造時所得出的。

Д. Е. 切爾諾夫用以下的話來結束1868年俄國技術協會札記所發表的他給協會所作說明這個發現的報告：“關於鋼的鍛造問題將不離開今日我們所指出的這條道路”。

Д. Е. 切爾諾夫確定了鍛件結構及其性質和熱與機械加工的關係，這就為金屬壓力加工理論的一個主要章節奠定了科學基礎。

^① 斯大林全集第十二卷第142頁(俄文版)。

他也指出了滑移線能完全確定塑性变形物体的应力状态的这一事实。

Л. К. 切尔諾夫最早指出的滑移線的方法被苏联科学家 В. В. 索柯罗夫斯基, А. А. 依留申, К. И. 謝夫欽柯, Л. М. 嘎卡諾夫等輝煌地發展了。

以滑移線的性質为根据的方法是解决本書中大部分問題的基礎。

因为 Л. К. 切尔諾夫創立了金屬压力加工的科学基礎, 因此值得認為是这个加工程序的理論創始者。

由於苏联科学家 С. И. 古勃金, А. И. 采立闊夫, И. М. 巴甫洛夫, Н. И. 高尔聶也夫, М. В. 斯脫洛葉夫, Е. И. 翁克索夫, Г. А. 斯米尔諾夫-阿良葉夫和 В. И. 柴列斯基等在这方面寫了很多著作, 这對於解决金屬压力加工方面的問題就簡便得多了。

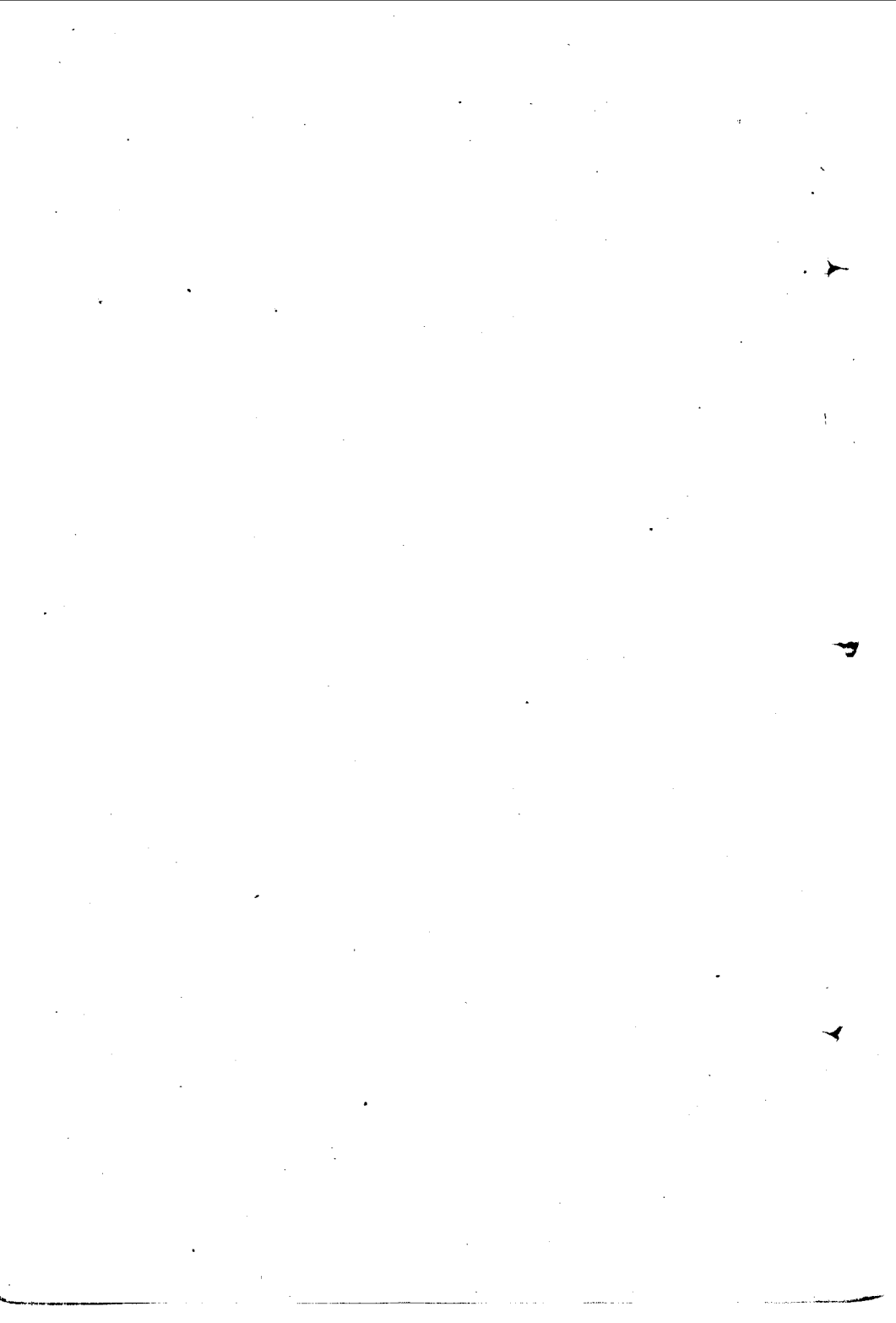
在本書中引用上述作者和其他作者的著作, 所引用的參考書目附於書後。

为了達到实际应用所需的清楚起見, 本書中的个别理論問題比指望由專家所著的塑性理論著作中所討論的还要詳細。为了这个目的, 在正文中介绍了數學性質的一些基本解釋。

在本書中, 著者力求应用滑移線的方法並且用它去解决金屬压力加工的具体問題。

因为問題複雜, 著者只好作了某些簡化与假定以便求解容易。

曾把已求到的解答和著者所有的工廠經驗數據比較过, 但是書中大部分被引用的結論尚待在試驗室及工廠的条件下再加証实。



第一章 外力

1. 作用力

作用力是由机械工具(例如鍛鏈或压力机)的作用來產生,而藉相应的工具或鍛模來傳給变形金屬的。本書基本任务之一,就是要決定能保證得到应有变形的作用力大小。

作用力可以合成为一个合力,或一力偶,或一力偶与一个力。然而应当注意,在刚体力学中所確定的力和力偶矩的合成定律,在大多數的情况下,不能無条件的应用於塑性变形的情况。在刚体力学中,力作用的結果与力的作用點的座标無關,而完全由力的作用線來決定,至於力偶作用的結果,則只由力矩向量的方向和大小來決定。

当金屬变形時,改变力或力矩向量的作用點的座标,則可根本改变力或力偶作用的效果。举兩個例來說明。在圖1中表示兩種壓縮情况,从刚体力学的觀點來看二者是一样的。顯然,此兩種情况的变形不一样。

在第一种情况下,当力作用在柱的上端時,整个柱發生变形,在第二种情况下,压缩力作用在柱的中部,只有柱的下部分發生变形。

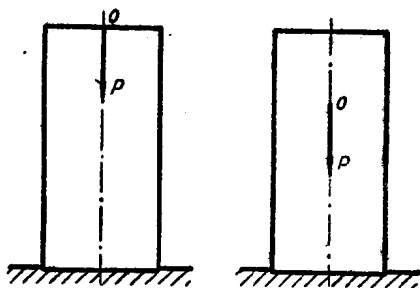


圖 1. 从刚体力学的觀點來看完全相同, 而从变形体力学的觀點來看則不相同的兩種壓縮情况。