

873899
HGY

汽車零件的压力修复法

[苏联] B.A.卡古耶維茨基、A.C.謝尔盖 著

張 海 譯 張 蔚 林 校

人 民 交 通 出 版 社

873899
HGY

汽車零件的压力修复法

〔苏联〕B.A.卡古耶维茨基、A.C.謝尔盖 著

張 海 譯 張 蔚 林 校

人 民 交 通 出 版 社

本書闡述了汽車零件压力修复法的實質和种类，列举了格斯-51、吉尔-150和瑪斯-200型汽車零件运用压力法修复的例子，同时介绍了許多修理企业所用修理設備的結構和修理工藝。

本書供汽車修理厂的工程技術人員和修理工人參考。

汽車零件的压力修复法

В. А. КАКУЕВИЧКИИ, А. С. СИЛКИН

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ ДАВЛЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
И ШОССЕЙНЫХ ДОРОГ РСФСР
Москва 1960

本書根据苏联汽車運輸出版社1960年莫斯科俄文版本譯出

張海譯 張蔚林校

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

1964年9月北京第一版 1964年9月北京第一次印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：2 $\frac{3}{4}$ 張

全書：47,000字 印数：1—7,500册

統一書号：15044·4423

定价(科六)：0.28元

目 录

一、零件压力修复法的实质.....	2
二、零件压力修复法的分类.....	9
三、零件压力修复法的规范、设备及工艺参数的选择.....	11
四、汽车零件的胀大修复法.....	15
五、汽车零件的镦粗修复法.....	32
六、汽车零件的压缩修复法.....	34
七、汽车零件的压入修复法.....	44
八、汽车零件的矫正修复法.....	46
九、汽车零件的滚压修复法.....	55
十、格斯-51型和吉尔-120型汽车发动机气门弹簧弹 性的恢复.....	59
十一、应用压力法修复某些汽车零件时的经济指标.....	63
参考文献.....	65

一、零件压力修复法的实质

对原始资料作深入的分析，以便創立合理而經濟的磨損零件的修复方法，是摆在从事各类汽車的修理的企业及科学研究机关的工作人員面前的一項重大問題和迫切任务。

从这个观点来看，新的、先进的修理方法具有很大的前途，其中包括零件的压力修复法——金属塑性变形修复法。

当使用这种方法时，零件原始尺寸的修复是依靠金属在外力的定向作用下，从非工作部分移向已磨損的表面而實現的。

由此可見，零件的压力修复方法与其它許多常用的零件修复法不同。常用的修理方法大都是在某一工作表面上去掉或是加上一些金属，而零件的压力修复法則是依靠零件本身的金属的重新分配来改变零件的尺寸和形状的。

这种方法簡單而且經濟。在很多情况下，零件压力修复法比其它許多繁雜的方法，如电镀、噴鍍、堆焊等要适用得多。

当需要修复具有残余弯曲和扭曲的零件时，塑性变形法（即压力修复法）是唯一可能恢复該零件原有形状的方法。

正确拟定的零件压力修复法的工艺过程可以保証达到所要求的零件工作表面的耐磨指标及强度指标。

必須注意，目前能够利用压力法来修复的零件的种类还有有限。結構复杂的零件尚不能完全用这种方法来修复。

由于缺少正确拟定零件压力修复法工艺过程所必須的总结性的原始資料，不仅給压力修复法工艺过程的研究和运用造成了困难，而且还使得压力修复法难以在生产条件下有效地利用。

压力加工不仅可以改变零件的形状和尺寸，而且对于零件金属的组织机械性能也有一定的影响。

为了清楚地了解当利用压力法修复零件时，在零件金属内产生的各种现象，必须先弄清楚塑性变形的基本概念。

一切金属都是由具有结晶组织的、方向性不同的晶粒组成的。金属晶体结构的特点是：金属的原子在空间占据着严格固定的位置，而形成了空间格子（或称晶格）。

弹性变形会引起一部分原子相对于另一部分原子作弹性位移。在这种情况下，去掉载荷以后，形成晶格的原子仍能恢复到原来的位置，于是变形的物体又可具有原来的形状。弹性变形的程度和引起弹性变形的载荷成正比（虎克定律）。在一定的载荷下，原子结构中发生的弹性变形会转变为塑性变形（残余变形），此时，晶格在除去该载荷后，已不能恢复到原来的状态。

由此可见，当应力超过弹性极限时，便会出现塑性变形。但是，塑性变形的程度并不与应力的增长成比例（变形的增长快于应力的增长）。

金属抵抗微小的塑性变形的强度是用使它产生0.2%的拉伸残余变形时的应力来表示的。上述应力一般称为屈服点。

在塑性变形的过程中，晶体的某一些部分沿着最容易滑移的晶面相对于另一些部分产生滑移。这将引起晶格中原子的位置发生变化，以及晶格歪扭，但却不会破坏晶体结构的完整。

塑性变形还可能表现为双晶变形。这时，晶体产生滑移的部分的位置与晶体的其它部分相对称。

与正应力（作用方向垂直于滑移面的应力）所引起的弹性变形不同，塑性变形是在剪应力（作用方向与滑移平面一致的应力）的作用下发生的。

由于塑性变形的结果，在晶体发生相对滑移的两个部分之间，会形成晶格歪扭、晶粒破碎及晶粒界面被破坏的金属间层。因而，使得相对滑移的平面变得十分粗糙，以致使晶粒的相对滑移发生困难。上述现象会导致下列结果：当变形进一步加大时，将沿着其它的平面产生新的滑移，因为原滑移面区域内的强度要比晶体的其它部分高得多。

由此可见，伴随有晶体的某些部分产生滑移的塑性变形可以提高金属抵抗塑性变形的能力。

在冷塑性变形时所产生的这种现象称为冷作硬化，或称强化。

由于冷作硬化的结果，金属的屈服点、强度极限和硬度都会提高，金属的塑性却会下降。

由于冷变形而引起的金属的机械性能和组织的变化是不稳定的，而且金属由于在组织上处于不稳定的状态，有力图恢复到原来状态的趋势。

当把冷作硬化的金属加热到不太高的温度（钢加热到 $200\sim 300^{\circ}$ ）后，歪扭的晶格便会变正。此时，冷作硬化的金属的强度和硬度会部分地下降，塑性也会增强，但结构的性质并未变化。

冷作硬化的金属在不高的温度下所发生的上述现象称为回复，或称恢复。

较高的加热温度会引起原子活动能力的增强，于是，便开始了不断产生新晶粒来代替变形晶粒的金属组织的恢复过程。

在冷塑性变形后，金属因受热而引起的组织上的这种变化过程称为再结晶。

再结晶现象的表现：在变形金属中出现不断产生新晶粒和新晶粒逐渐长大的再结晶中心。由于这种变化的结果，金属

力图获得等轴的无方向性組織。

金属的硬度开始明显地急剧下降，而塑性則开始明显地增强时的溫度，称为最低再結晶溫度。它大約是絕對熔化溫度的0.4。

金属最終組織的性质不仅决定于溫度，而且与原来的冷变形量有关。

在高于再結晶溫度的溫度下发生塑性变形，虽然也会同时产生滑移，但由于在这种溫度下所发生的再結晶过程，零件的金属此时不会受到强化（冷作硬化）。

在低于再結晶溫度的溫度下所进行的，而且会引起金属强化（冷作硬化）的压力加工称为冷加工。

在高于再結晶溫度的溫度下所进行的，而且伴随着金属强化現象的压力加工称为热加工。

如果在变形的同时发生回复或回复和再結晶現象，但变形結束时，金属的組織中仍带有强化的痕迹，那末，这种变形叫做不完全冷变形（当沒有再結晶的痕迹时）或不完全热变形（当带有再結晶的痕迹时）。

冷变形的特点是在变形过程中，变形的抗力很大，塑性显著降低。不完全冷变形的特点是由于在变形过程中消除了附加应力，变形抗力不那样大，金属塑性的降低也不太显著。

不完全热变形时，具有局部再結晶現象，而且在大多数情况下会形成不均匀的組織，这对变形金属的机械性能将产生不良的影响，并且会使变形困难。

热变形的特点是变形抗力小（約为冷变形的十分之一），同时能提高金属的塑性。随着合金成分和变形速度的不同，通常开始产生热变形时的溫度为金属絕對熔化溫度的0.65~0.75。

如果塑性变形是在高温下发生的，再结晶过程将完成得十分充分，并且金属将获得等轴的和内部无应力的组织。

如果塑性变形是在低温下发生的，那么，再结晶过程将进行得不充分，这将导致组织的不均匀和内部应力（残余应力）的聚集。在这种情况下，随后必须作进一步的热处理（正火、退火）。

增加加热温度可以显著提高再结晶的速度。

在金属热压力加工时，加热温度的选择应显著地高于最低再结晶温度。这一点对于消除冷作硬化、减少变形力和消除出现裂纹的可能性来说，都是十分必要的。

加工开始和结束时的温度，即根据金属化学成分而定的加工温度范围，对于金属的机械性能有颇大的影响。加工开始时的温度（最高加热温度）不应引起金属过热或烧损。加工结束时的温度也应该是适宜的，因为当温度低时，软钢可能产生加工硬化，而硬钢却可能出现裂纹。

表 1 所列为金属热压力加工时所采用的温度范围[12]。

表 1

钢、合金	化 学 成 分	加工开始温度(度)	加工结束温度(度)
炭 素 钢	C 0.3%以下	1200~1150	800~850
	C 0.3~0.5%	1150~1100	800~850
	C 0.5~0.8%	1100~1050	800~850
合 金 钢	低合金钢	1100	825~850
	中合金钢	1100~1150	850~875
	高合金钢	1150	875~900
钢 合 金	青钢	850	700
	XC59号	750	600

对金属的塑性及机械性能指标有影响的还有化学成分、晶

粒度、变形速度、残余应力（内应力）以及应力状态图。

化学成分的影响：碳对钢的塑性及机械性能有极大的影响。随着钢内含碳量的增加，金属的强度极限和屈服点将提高，而延伸率和横断面的收缩率将降低。塑性最高的是低碳钢。

含锰量在0~1.5%范围内时，会稍许降低金属的塑性，同时会提高对塑性变形的抗力。

硅对钢的机械性能的影响比锰大。随着含硅量的增加，钢在各种温度下的变形抗力都将增加。

镍会增加金属的变形抗力和提高金属的硬度及冲击韧性。在温度高于1000°时，在中合金钢中镍所发生的影响特别大。

铬可以提高钢的变形抗力，而且钢中的含碳量越高，这种影响便越显著。

钨能增强钢的塑性和减少它在高于1000°的温度下的变形抗力。

钼和钨会提高变形抗力，而同时几乎不会改变钢的塑性。

上述各元素对钢的塑性和机械性能的相对影响都比碳的影响小。例如，若钢内的含碳量增加0.1%，其冷变形时的强度极限便可增加6~8公斤/毫米²；然而将影响最大的合金元素——钼的含量增加同样的数量时，强度极限却只会增加3~4公斤/毫米²。

晶粒度的影响：具有细晶粒组织和具有较高的强度指标的金属在冷变形时，其塑性要比粗晶粒组织的金属低。

实验证明，晶粒度对塑性和变形抗力的影响在热加工时是十分微小的。

变形速度的影响：变形速度的增加会引起金属塑性的降低。但是这种影响会随着变形温度状况的改变而表现不同。在

冷变形时，变形速度对金属塑性变形抗力的影响不大。在低温下，随着变形速度的增加，冲击时所放出的热量来不及扩散到周围的介质中去，因而使得变形物体的温度升高，于是，金属的变形抗力随之下降。已经证实，当其余的条件相同时，这一热效应随着变形温度的增加而降低。因为在热加工时，金属的变形抗力要比冷加工时低很多，因而此时消耗在变形上的功和加热金属的热量都将变小。

在过渡温度区域内，即在由冷变形向热变形过渡的温度区域内，变形速度的影响最大，此时金属的软化过程尚未结束。

残余应力的影响：在金属变形时，由于金属各部分的变形不均匀、金属的组织不均匀以及金属各部分的加热和冷却不均匀，便会产生残余应力（内应力）。残余应力对零件金属机械性能的影响很大。特别是在交变载荷的作用下，这种影响特别显著。在零件工作的过程中，残余应力与外来载荷的作用所引起的应力代数相加，将增大或减小零件所受到的总应力，零件的安全系数亦随之相应地提高或降低。

应力状态图的影响：应力状态图形在很大的程度上影响着金属的塑性。已经确定，在三向压应力状态图下，金属表现出来的塑性最大。多次研究证明[11]：在这种应力状态图下，甚至经过淬火而具有很高硬度的钢也具有比较高的塑性。

根据以上的论述，可以把金属压力加工时所运用的塑性变形理论的基本原理简单地归纳为以下几点：

- (1) 金属的塑性决定于金属的组织 and 化学成分；
- (2) 金属的塑性随着加热温度的升高而增高；
- (3) 增加变形速度会降低金属的塑性。但是随着变形速度的增加，热效应也会增加，这将导致零件温度的升高和变形抗力的减小（特别是在冷变形时）。在过渡温度的区域内，提高

变形速度对金属的塑性有特别强烈的影响。

(4)在三向压变形力学图(三向压应力状态)下,金属的塑性最大。

零件压力修复法的工艺过程与锻造和冲压工艺有许多相同的地方,但同时又与上述获得坯件的过程有原则性的区别。

锻造和冲压时所加工的是原材料,而压力修复法的加工对象却是具有精确的尺寸、特定的结构和一定的具有所需的物理-机械性能的组织的零件。

用压力法修复零件时的必需变形量仅仅是坯件压力加工(锻造、冲压)时的若干分之一。坯件压力加工(锻造、冲压)时,几乎全部金属都要承受变形,但是在零件用压力来修复时,一般都只产生局部变形。当用压力法修复了零件的形状和尺寸之后,通常只需要经过某些最后的机械加工工序,而不需要像在锻造后那样经过一整套的加工。

二、零件压力修复法的分类

目前采用的零件压力修复法的种类很多。但是,只要根据所施加的外力的方向和所要求的变形的方向来分类[3],那末,所有这些各式各样的方法便都可以归纳为几大类。

最常见的零件压力修复法有:胀大、镦粗、压缩、压入、矫正及滚压。

镦粗时,作用力的方向与变形的方向不相重合。这种方法用于依靠减低零件的高度,来扩大实心零件或空心零件的外径及缩小空心零件的内径。镦粗法多用来修复有色金属衬套、气门挺杆及半轴的花键端。

胀大法大多用于修复下列空心零件：活塞销、万向节十字轴、差速器壳杯和半轴套管。使用这种加工方法时，所要求的变形方向与外力作用的方向相重合，但零件外径的扩大是在保持或稍微减小零件高度的条件下，依靠其孔径的扩大来达到的。

压缩法大多用于将零件的金属从边端移向中心，以恢复空心零件磨损孔的原有尺寸。使用此方法时，作用力的方向与所要求的变形的方向重合。压缩法可利用来修复下列零件：有色金属衬套、轮毂（当其轴承装合孔磨损时）、转向节（当其安装转向臂、杆的孔磨损时）、带内齿的套筒（当内齿磨损时）、圆锥滚柱轴承的夹圈。

当用**压入法**修复零件时，同时产生胀大和镦粗过程，产生移动的只是零件非工作表面上的有限区域内的金属，而且作用外力的方向与所要求的变形方向不同。

压入法用于修复头部的直径和锥形斜边的高度不足的气门，齿宽磨损了的齿轮，侧表面磨损了的轴上的及孔中的花键，以及球头销。

弯曲和扭转矫正法在修理企业的实际生产中被广泛地用来修复由于外力所引起的残余变形的结果而失去原有形状的零件。在矫正时，作用力的方向与所要求的变形方向重合。这种方法用于修复下列零件的形状：曲轴、凸轮轴、拉杆、连杆、半轴、车架、前轴梁及其它零件。

滚压法是利用从工作表面的某些区域向外挤压金属的方法来修复外表面（有时是内表面）磨损了的零件。在运用此方法时，作用力的方向与所要求的变形方向是相反的，而被挤压出去的金屬則是順着工具移动的。滚压法适宜修复轴上的轴承座圈的装合面。

塑性变形法还可以用来恢复气門彈簧的彈性。

零件适宜于用热压法，还是用冷压法来修复，决定于它的磨損程度、材料和热处理。当采用冷压法时，在使零件产生塑性变形之前，有时要預先进行热处理，有时不需要預先热处理。

預先不进行热处理就可以修复的零件有：用未經过热处理的鋼及可鍛鑄鉄等有色金属制成的零件，以及一些用中炭結構鋼制成的零件。在后一种情況下，只有当零件的磨損量不大时，才可能不經過預先热处理来修复。

用中炭鋼和低合金鋼制成的和經過全面淬火的零件，通常磨損不大，也要在高温回火之后再进行压力修复。

大多数零件是在热态下用压力法来修复的(热压修复法)，因为此时金属的塑性最高。

三、零件压力修复法的规范、設備及工艺参数的选择

磨損零件压力修复法的原理乃是：造成一种可以使金属的某一定部分产生塑性变形的应力状态图和应力值，因此在外力卸除后仍然具有残余变形，这种残余变形即被利用来弥补零件表面的磨損。

金属压力加工（鍛造和冲压）时，主要的問題只是选择决定变形体形状和尺寸的变化应力状态图，以及变形的溫度-速度规范。

但是，在使用压力法修复零件时，由于零件的结构特点和

磨損性质十分复杂，并不是在所有情况下都能够运用最合适的、可以使零件的材料呈现高塑性的三向压应力状态力学图。

零件能否用塑性变形法来修复，这决定于它的结构。零件的结构、材料、热处理以及磨損的程度和性质，对于零件塑性变形修复时的规范、工艺参数及设备的选择有着直接的影响。

在很多情况下，零件的结构使得该零件不可能有效地利用压力法来修复。

例如，若在活塞销的结构中具有形状复杂的中心孔，这便使得在加热或退火状态下用胀大法来修复活塞销的过程复杂化。

但是，如果在活塞销的全长中具有柱形孔，不仅可以简化它的制造工艺过程，而且只要能保持孔的正确几何形状，便为在修理这种零件时有效地利用压力法创造了条件。

如果在球头销的结构中，球面的上部被切割了去，那末将会给该零件的磨損表面使用压力法来修复造成困难。因为此时缺少可以用塑性变形法从没有磨損的区域移压到磨損处去的必要的金属余量。

上部没有被切除，因而头部成球面形的球头销结构，适宜于用压力法来修复[10]。

大多数汽车发动机的气门顶都是平的，但是对于气门用压力法的修复来说，最适宜的是顶部呈球面形的气门[10]。此时，依靠气门顶球面形部分内的金属余量，比较容易保证将磨損了的气门顶多次修复到工作表面具有公称尺寸。

在某些零件的结构中，已经具有使用有效的压力法来修复的可能性，这些零件的形状只要稍加改变，便能利用压力法有效地修复。

为了增加可以利用压力法修复的零件的种类，最好在設計

这些零件时，便预先考虑到使用上述修理方法所需要的一定的金属余量和合适的形状。

在很大程度上，零件在压力修复中变形的性质决定于压模的结构。压模的形状和尺寸无论对于修复零件的劳动量，以及修复后的零件的质量都有影响。

在选择压模的结构时，必须遵循下面的基本原则：

(1) 压模的结构应该简单，并能保证操作过程具有高的生产率。

(2) 零件在压模内的压力加工过程应能保证零件的形状和尺寸依靠金属的重新分配而得到完全的修复。此时，在毛刺和填充压模壁与零件间所形成的空隙上的金属损失应最小。

(3) 被移动的金属量应该符合于所确定的零件磨损量。

(4) 零件的修复表面和非修复表面形状的改变，不应当影响零件在使用过程中的工作性能。

(5) 如果可能，压模的形状应能保证零件最适宜的应力状态图。

在金属锻造和冲压时推荐采用的温度-速度规范不得原封不动地搬用于零件的压力修复法。后者具有许多特点，这些特点使得它与其它形式的金属压力加工大不相同。

对塑性变形过程影响最大的是零件加热的温度规范。

在锻造和冲压时最合适的加热温度 ($1200 \sim 1250^{\circ}$)，对于零件的塑性修理法来说则是不适宜的。

在高的加热温度下，变形会引起相当大的热应力，而使得零件产生翘曲。

长期保持高温加热，会引起零件表面层脱碳，这将降低零件的疲劳强度指标和使零件不可能在热处理后达到必须硬度。

进入变形的临界（温度）范围以及因此而获得不良的粗晶粒組織在高温下是特別危险的，因为真实晶粒度主要是决定于变形温度。

炭素鋼在 $675 \sim 750^{\circ}$ 下便开始出現如形成氧化皮这样的不良現象，而当温度升高到 $800 \sim 900^{\circ}$ 时，这种現象将更加严重。

在鍛造和冲压时允許有 $1.2 \sim 2\%$ 的金属在加热过程中燒損，这对于压力修理來說是絕對不允許的。

根据以上的全部叙述，可以得出如下結論：当使用压力法修理零件时，加热温度和在此温度下的持續時間必須选择为最低，但是又要足够使零件金属产生所要求的塑性。

对于某些汽車零件，已經用实验的方法确定了下列最适宜的加热温度：对于以45号鋼制成的活塞銷，最适宜的加热温度为 $650 \sim 700^{\circ}\text{C}$ [3]；对于以40X号鋼制成的进气門頂，为 $825 \sim 850^{\circ}$ ；对于以硅铬合金鋼制成的排气門頂，为 $850 \sim 875^{\circ}\text{C}$ [8]；对于以18XГT号鋼制成的齒輪，为 1100° ；对于以40X号鋼制成的齒輪，为 1000° 。

为了减少零件（特別是渗碳零件）的表面层脫碳和氧化，加热最好在具有渗碳作用的或中性的介质中进行，而加热的持續時間应选择为最短。

在选择零件压力修复用的加压設備和变形速度规范时，必須考虑到在热变形的情况下，汽車的零件由于质量不大，冷却得較快。因此，在热变形条件下修复汽車零件时，应当使用鍛錘。为了适合于修理企业內所采用的鍛錘的性能，变形速度在 $3 \sim 9$ 米/秒的范围内变动，不会对变形过程和被修复的零件的质量产生明显的影响。

在冷变形的条件下用压力法来修复零件时，應該使用压力机。此时，可能的变形速度是极低的，而它們的选择应以保証