

汽车的车身金属构件包括结构件和板件。结构件是车身的骨架,在汽车的内部焊接形成。板件是车身的外蒙皮,一般通过螺栓、螺母固定在结构件上。在汽车事故中,车身受到撞击,金属构件将会发生变形。金属构件变形的状态有弹性变形、塑性变形及断裂。在大多数事故造成的金属构件变形中,塑性变形几乎占了70%。认识金属材料塑性变形的机理,能让我们对金属材料有微观的了解,并更加科学有效地进行车身修复。

详解车身修复中的塑性变形

◆文/海南 王萃奋

一、金属变形的特征

图1为车身碰撞造成的严重变形,一个杰出的车身修复技师不仅能把车恢复到达到要求的技术参数,也要能明白其变形的原理及特征,以下将讲述在外力作用下金属材料变形的表现及其特征。

金属材料在外力的作用下,首先出现的变形是弹性变形。载荷增加到一定值后,除了发生弹性变形外,同时将产生塑性变形。持续增加载荷,塑性变形也将逐渐增大,直到金属材料发生断裂,图2为通过对低碳钢的拉伸得到的应力—应变曲线图。

1. 弹性变形阶段

在低碳钢应力—应变图中, σ_e 值为材料的屈服极限,它表示材料保持弹性变形时的最大应力。当应力低于 σ_e 值时,试样属于弹性变形阶段。什么是弹性变形?物质在一定的外力作用下发生形变,而当施加的外力消失时,该物质能自动恢复到原状的物理现象称之为弹性变形。



图1 车身碰撞造成的严重变形

在上图中可以看出弹性变形阶段的变形量随着应力的增加而增加,应力与应变成正比。

只要施加的应力低于 σ_e 值,材料不会产生塑性变形,而当施加的应力消失时,材料又自动恢复回原来的尺寸。 σ_e 值也被称为弹性极限。

2. 弹塑性变形阶段

当应力在 σ_e 值与 σ_b 值之间时,试样属于弹塑性变形阶段。什么是弹塑性变形?物质在外力施加的同时立即产生全部变形,而在外力解除的同时,只有一部分变形立即消失,其余部分变形在外力解除后却永远不会自行消失的物理现象称之为弹塑性变形。

在上图中可以看出对应 σ_e 值与 σ_b 值的线条是不呈直线关系的。在这阶段试样开始产生塑性变形,但这时产生的塑性变形是微量的,如果此时对试样卸载,试样还会有部分的恢复,而内部也将保留一部分的残余变形。在弹塑性变形阶段的试样表现中,还是

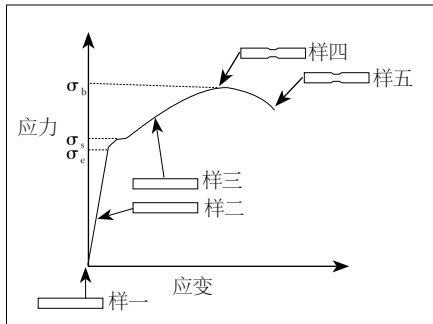


图2 通过对低碳钢的拉伸得到的应力—应变曲线图

以弹性变形为主。

3. 塑性变形阶段

当应力在 σ_s 值与 σ_b 值之间时,试样发生明显而均匀的塑性变形,什么是塑性变形?物质在一定的外力作用下发生形变,而当施加的外力消失时,该物质不能恢复到原状的物理现象称之为塑性变形。

在图2中可以看出 σ_s 和 σ_b 值对应的线条是呈平滑曲线的,应力的增加则变形量也随之增加。当应力到达 σ_b 值时,试样的均匀变形阶段也就停止了。我们把 σ_b 值称之为材料的强度极限或抗拉强度,它表示材料对均匀塑性变形的最大抗力(应力)。在塑性变形阶段中也存在着弹性变形,只不过这阶段产生的弹性变形是微量的,试样的主体表现还是塑性变形。

4. 断裂阶段

当应力超过 σ_b 值,试样开始发生不均匀的塑性变形并有缩颈的现象,所需的应力也随之下降。当应力达到 σ_k 值时,试样发生断裂表示材料变形的告终。

断裂是金属材料在外力作用下丧失连续性工作的物理现象。我们把 σ_k 值称之为材料的断裂强度,它表示材料对塑性变形的极限抗力。

金属材料的弹性变形、塑性变形和断裂阶段的变化,与材料的性质相关,不同材料的三大变形阶段都有所不同。如灰铸铁在拉伸试验时,几乎没有明显的塑性变形就发生断裂。

二、塑性变形机理

在我们平常的钣金修复工作，最常见的车身变形是塑性变形，车身修复技师有时也会利用塑性变形的表现来进行修复工作，如门蒙皮、叶子板有线条的部位的修复都是利用制造时存在的加工硬化(图3)。为了更好地进行修复工作，我们需要通过了解内部原子变化及运动，来掌握塑性变形的机理。

塑性变形的内部表现主要方式是滑移和孪生，而滑移与孪生的产生则是因为位错的存在。在外力的作用下，金属内部原子离开其平衡位置，慢慢地就会形成位错，位错持续增加会发生滑移，在滑移的过程中会有孪生的发生，这就塑性变形的内部过程。

1. 位错

位错的运动是造成金属塑性变形的的主要原因。位错是金属中某处有一列或若干列原子发生了有规律的错排现象，是长度达几



图3 利用制造时存在的加工硬化进行车身修复

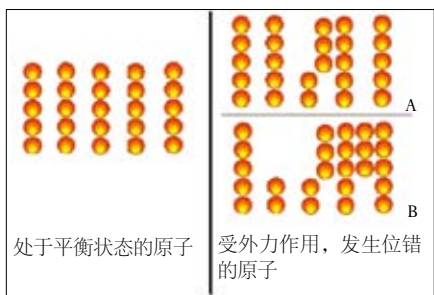


图4 做功使原子离开其平衡位置

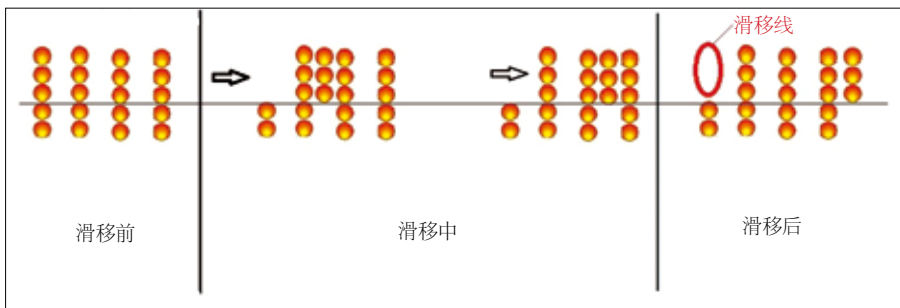


图5 原子的滑移运动

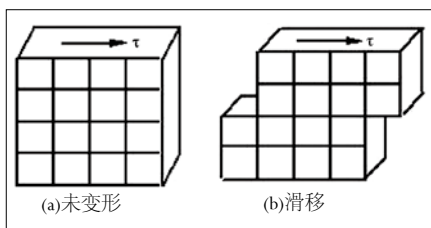


图6 原子的滑移简单模型

百至几个原子间距、宽约几个原子间距范围内的原子离开其平衡位置，发生了有规律的错动。

我们知道，要想一个原子离开其平衡位置，那就要对其做功。那么，位错就相当于我们同时对一排或若干排的原子做功，使其离开其平衡位置(图4)。位错对金属的强度、断裂及塑性变形等起着决定性的作用。由于它的存在，晶体在受力后原子容易沿位错线运动，降低金属的变形抗力。通过位错运动的传递，原子的排列发生滑移和孪生。

2. 滑移

滑移是塑性变形的主要方式。在力的作用下，金属内的一部分原子沿着一定的滑移方向相对于另一部分发生相对的移动，这个方向由材料的原子结构及状态决定。我们可以把滑移看着是大量的位错运动的结果(图5、6)。

从图5中，我们可以看出滑移的结果是使大量的原子逐步地从一个稳定的位置移到另一个稳定的位置，金属材料被拉伸成形，在电子显微镜的观察下，我们会发现有许多相互平行的滑移线，而很多原子平面的滑移线会组成滑移带，很多滑移带集合起来就成为可见的塑性变形。

图7为在电子显微镜观察到的滑移

带。滑移线的间距与大小跟材料的结构性质有关。金属材料的滑移过程不是沿着滑移面上的所有原子同时产生刚性的相对滑动，而是在其局部区域首先产生滑移，并逐步扩大，直至最后整个滑移面上都完成滑移。

3. 孪生

孪生是塑性变形的另一种重要方式。当金属的一部分沿一定的孪生面和孪生方向相对于另一部分金属作均匀地切变就是孪生。孪生的移动不会改变金属原子的排列位置，但是却可以改变原子的排列方向(图8)。

一般来说，产生孪生的作用力要比产生滑移的作用力大得多，只有在滑移很难进行的条件下，金属才进行孪生变形。孪生变形产生的塑性变形量一般不超过10%，由于孪生后变形部分的孪生位向发生改变，所以孪生与滑移往往交替发生，这样就可以获得较大的塑性变形量。可使原来处于不利取向的

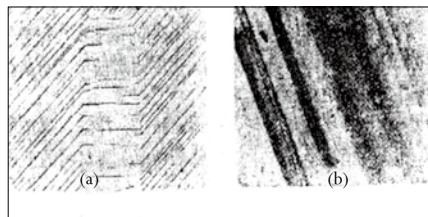


图7 铝单晶抛光后再拉伸后表面出现的滑移带

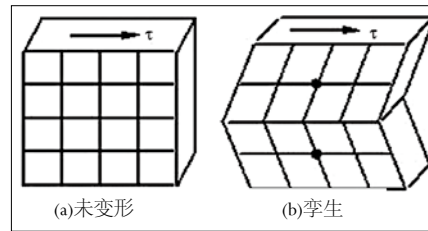


图8 孪生简单模型

滑移带转变为新的有利取向,这样就可以激发起金属的进一步滑移,提高金属的塑性变形能力。

位错、滑移和孪生初步地解释了塑性变形的机理,有助于我们进一步了解到其内部微观的变化与运动。

三、塑性变形对金属性能的影响

1. 加工硬化

加工硬化是在钣金修理中常见的现象,是指金属材料在冷加工的情况下,出现的强度和硬度升高,而塑性和韧性降低的现象。产生加工硬化的原因是金属在塑性变形时引起位错增殖,位错密度增加,不同方向的位错发生交割,位错的运动受到阻碍,从而使金属产生加工硬化。

加工硬化主要应用在工业生产加工上,广泛应用于提高金属材料的强度。如金属薄板在拉深过程中,弯角处变形最严重,首先产生加工硬化,当该处变形到一定程度后,随后的变形才转到其他位置,这样才可得到厚薄均匀的冲压件。

而在事故车碰撞中产生的加工硬化会使金属材料的进一步修复带来困难,如大梁的弯折,要想进一步校正,必须进行退火处理、消除组织缺陷,使其降低硬度、恢复可塑性。

2. 残余应力

金属材料在制造加工或事故碰撞过程中,将受到来自各种因素的作用与影响;当这些因素消失之后,若金属材料所受到的上述作用与影响不能随之而完全消失,仍有部分作用与影响残留在金属材料内,则这种残留的作用与影响称为残余应力。残余应力是当物体没有外部因素作用时,在物体内部保持平衡而存在的应力。

金属材料在制造加工过程中会产生残余应力,这种残余应力会影响构件的稳定性、刚性等。在制造加工过程中,应进行必要的退火处理,以消除残余应力。

在事故车碰撞时造成的变形,也表明其内部存在着残余应力,如大梁弯曲、门蒙皮凹凸不平等。消除残余应力就必须进行退

火处理,如果结构件变形严重,考虑到其安全性,则必须进行更换。如果只是轻微的变形,那么可用氧-乙炔焊机加热修复。

在面板的修复中,小面积的修复可利用介子机修整即可。而大面积的板件修复就比较困难了,因为大面积的板件变形已使其金属材料产生了一定程度的拉伸与加工硬化。

较难处理的是变形面变薄的情况,因为经过严重碰撞,板件会产生拉伸的现象,俗称铁皮“软”。相当于“软”区的原子受到外力作用,产生滑移或跑到周围区去了。我们可以这样理解,一块面板,不承受任何外力,其内部是处于一种平衡状态的。而当受到外力碰撞时,其面部会产生相应的残余应力。理论上,只要我们能消除面板产生的残余应力,那么这个面板就会恢复到原来样子。当然,在我们修复工作中是不可能做到,在此进行说明是为了让大家更理解残余应力的性质。

对“软”区的修复要对其进行“收火”,也称之为退火,消除其残余应力。在整个板件修复的差不多的时候,我们会发现“软”区会拱起,可用介子机碳棒对拱的部位进行“收火”,有时需要一边“收火”一边修复,直到整个面板平整即可。“收火”其实是利用热胀冷缩的原理,先对“软”部位进行加热,乘原子在活跃运动时再对周围适当敲击,使聚集的原子分散,之后对加热的部位用水冷却,使其收缩,达到修复的目的(图9)。

退火是一种热处理工艺,是将金属加热到一定温度并保持一定的时间,然后以适当的温度进行冷却的工艺。目的是降低硬度,消除残余应力,稳定尺寸,消除组织缺陷等。

金属在塑性变形时所做的功,大部分以热能的形式消耗掉了,还有一部分以空位、位错等方式储存起来。回复是在退火的情况下,空位与位错发生运动,从而改变他们的数量与组织形态的过程。

在对塑性变形后的金属加热的情况下,其脱离空位的原子加剧运动,它们可以移到表面、位错处、空位处等,特别是加热到金



图9 退火工艺进行车身修复

属熔点的40%~50%的情况下,变形严重部位堆积缠绕的原子会慢慢运动起来,最后使其位错与空位逐渐减少,达到退火的目的。

汽车碰撞造成的塑性变形,其存在机理是很复杂的,上述概念只是对其一般现象简单的解释,希望能让大家对金属材料的塑性变形有一定的了解,能让我们钣金技师不仅会做,而且也能明白金属材料塑性变形存在的机理。M

AKEMI / 雅科美® 德国原装

多功能原子灰

- 与镀锌板、铝合金、钢板等均有非常好的黏接性
- 快干、易磨、细腻、刮涂性好



用于前机盖等关键部位,耐高温
不用环氧底漆,适用各种车型

德国AKEMI/雅科美中国办事处

北京雅科美商貿有限责任公司

电话: 010-87794952/4752

传真: 010-87794805

中文网址: <http://www.akemi.com.cn>