

# 温锻精密成形技术在螺纹连接钻头 锻坯上的使用

温锻精密成形及其在汽车工业中的应用

## 1. 温锻精密成形

近年来在冷塑性成形基础上迅速发展起来的一种塑性成形新工艺。它的变形温度通常认为是在室温以上、完全再结晶温度以下的温度范围内。该工艺成形的零件质量好、精度高，且能成形形状复杂的零件，近年来已获得广泛应用。

和热模锻相比，温锻成形件表面不会发生强烈氧化作用，表面质量好，尺寸公差小，甚至可直接成形零件的工作表面，完全省去后续机加工，且没有飞边，节省原材料。冷锻成形虽然可以获得更高的表面质量和尺寸精度，但冷锻成形对变形材料及零件形状的要求比较苛刻。对于常用的合金结构钢，只有在其含碳量低于 0.45% 时才能采用冷锻成形，且只限于成形形状简单的零件。在多工步冷锻成形中，各工步之间通常要加入热处理工步，以消除冷作硬化，此外合金结构钢在冷成形时变形抗力大，对压力机吨位及模具材料要求高，这样势必降低生产效率，增加生产成本。温锻成形的温度范围介于冷锻和热锻之间，对于常用的合金结构钢，其温锻时的屈服应力约为冷锻时的  $1/3$ ，材料的变形能力和室温下相比可提高 2~3 倍，这样可以减少成形工步，节约设备投资；而所成形零件的尺寸精度和表面质量与冷锻成形相当，若最后增加一个冷整形工步，则可获得冷锻成形相同的尺寸精度和表面质量。因此温锻成形既突破了冷锻成形中变形材料、零件形状、需增加中间热处理工步及变形抗力的局限性，又克服了热锻中因强烈氧

化作用而引起的表面质量及尺寸精度问题，具有显著的优越性。

## 2. 温锻精密成形在汽车工业中的应用

目前世界各国汽车工业之间的竞争日趋激烈，生产厂家在激烈的市场竞争中，获胜的前提条件是利用低生产成本生产出高质量的产品，这样对汽车工业中的塑性加工生产提出了更高的要求。厂家必须根据零件的批量及设计要求选择合适的工艺，以降低生产成本。

如前所述，温锻精密成形技术具有显著的优越性，但该工艺需要高精度的专门设备，且对模具结构、模具材料的要求较高，所以只适宜于大批量生产。汽车工业中存在大量形状较复杂的轴对称或旋转对称零件，包括轴径、行星轮、外套、齿轮、极爪、联轴器等。这些锻件受零件材料或零件形状的限制，用单纯的冷锻工艺难以成形；若采用热锻工艺，则原材料及能源的消耗量大，后续机加工量大，由于型面形状复杂，机加工难度高，势必增加生产成本，且切削加工会破坏零件的金属流线结构，降低零件的机械性能。这些锻件的生产批量大，如采用温锻工艺或“温锻+冷锻”综合工艺来生产，则可以充分发挥温锻精密成形的优越性，降低成本，提高质量。因此，温锻精密成形技术近年来在美国、日本、德国等发达国家得到愈来愈广泛的应用，并有逐步取代热锻工艺的趋势。

中国汽车工业经过40多年的创业到发展，已经逐步成为中国国民经济带动整个经济增加和结构升级的支柱产业之一。和发达国家相比，我国汽车工业中的温锻精密成形技术还比较落后，对于发达国家一些比较成熟的温锻工艺，也还没能完全消化吸收。为了提高我国汽车工业的温锻技术水平，缩小和发达国家之间的差距，我国金属塑性加工领域的研究人员必须顺应该领域的发展潮流，温锻成形理论和工艺两个方面都亟待展开深入研究。

## 二、温锻精密成形的关键技术

温锻成形的温度范围介于冷锻和热锻温度范围之间，因而其成形特性方面有区别于冷锻成形和热锻成形的特殊性。为了能更好地掌握这一先进的成形技术的变形机理，充分发挥其优越性，需对这些特殊性进行研究。

### 1. 变形温度及变形量控制

温锻成形具有优越性的根本原因在于它不同于冷锻和热锻的成形温度，因此，对于各种变形材料，要发挥温锻成形的优势，必须选择最合适的温锻温度，既能充分发挥材料的变形能力，省去中间热处理工步，又能保证零件的尺寸精度，良好的内部组织结构及机械性能。对于汽车工业中常用的碳钢和合金钢，温锻温度大致范围为650~900℃，其最优变形温度根据材料的含碳量及合金种类确定。

对于高强度低合金钢或合金钢温锻，可以控制材料的变形温度和变形分布，使温锻件的微观结构和机械性能达到预定要求，还可以省去热处理工艺。因此，掌握温锻成形参数对温锻件的微观结构和机械性能的影响关系具有重要意义。在此基础上可建立各参数对微观结构和机械性能的影响模型，指导生产实践。首先通过实验建立变形体的温度分布、冷却速率、应变、应力、应变速率等各参数对成形件的微观结构及机械性能的影响关系，然后建立各种成形条件下的有限元模型，用热、力耦合有限元模拟成形件的变形及冷却过程，利用有限元模拟结果和前述实验得出的影响关系可以预测成形件的微观结构及机械性能，从而可以帮助工艺设计人员选择合适的成形及冷却参数，优化温锻工艺。

### 2. 润滑技术和润滑剂

润滑是温锻成形中的一个关键技术，良好的润滑系统对工艺的成败起着决定性作用，目前常用的润滑方法可以归为4类：(1)坯料不加润滑剂涂层，工作模具

采用油—石墨乳化液润滑或水、油—石墨的混合液润滑；(2)坯料采用石墨涂层，模具工作表面采用油—石墨乳化液润滑或水、油—石墨的混合液润滑；(3)坯料采用石墨涂层，模具工作表面采用水—石墨悬浮液或不含石墨的润滑剂润滑；(4)坯料采用其它涂层(不含石墨)，模具工作表面采用不含油—石墨的润滑剂润滑。模具工作部分的材料通常采用耐热工具钢或高速钢。选择模具材料时，考虑的主要因素不是成形温度，而是润滑剂的种类。用水基润滑剂时，不宜采用高速钢，因为高速钢对热应力较敏感且其热传导率太低。出于经济效益和环保两方面考虑，采用无油白色润滑剂是温锻技术的发展趋势，因此耐热工具钢将逐步成为首选温锻模具材料。

### 3. 模具的受力分析及模具寿命

温锻模具在材料的变形过程中，要经受高的变形抗力及热应力的综合作用，最大变形压力可达 200 ~ 250MPa，连续生产时模具温度可达 300 ~ 500°C 或更高。因此在进行温锻工艺设计时，必须充分考虑模具的受力条件和温度条件，保证模具的强度、硬度和韧性达到生产要求，避免因模具的早期失效而造成的经济损失。

为确定温锻模具工作时的受力情况，可利用有限元法耦合模具的弹性变形及变形体、模具之间的传热过程对温锻过程进行模拟，得出模具的温度及应力分布，从而为选择合适的模具材料、设计合理的模具结构(包括润滑和冷却系统)及尺寸提供依据。

### 4. 温锻成形缺陷及其消除

塑性裂纹(包括内部开裂和表面开裂)及折叠是限制温锻成形过程的两类主要成形缺陷。金属塑性成形中的塑性断裂是一个复杂的过程，塑性裂纹的出现是变形区的应力、应变、应变速率、温度等场量以及变形材料抵抗塑性断裂的能力共

同作用的结果。

### 三、螺纹连接钻头的温锻毛坯



温锻螺纹连接钻头毛坯

#### 1、热锻毛坯的缺陷

a、螺纹连接钻头原有锻造工艺为热模锻，加热温度 $1050^{\circ}$ - $1100^{\circ}$ ，锻件表面发生强烈氧化作用，表面质量差，尺寸公差大，后续机加工困难，浪费原材料。

b、因加热温度高，会导致晶粒组织粗大，如后续热处理无法消除，导致产品机械性能下降，质量无法保证。

C、加工余量大，效率低下。

## 2、温锻毛坯的优势



尾孔锻造到位的螺纹连接钻头毛坯

- a、温锻时加热温度750°-800°，锻件表面氧化层较薄，表面质量好，尺寸公差小，外形不需加工。
- b、外形无需加工，金属流线未被破坏，增加了钻具的物理机械性能。
- C、尾部大孔锻造到位，加工余量极小，减少加工工序，提高加工效率。
- d、采用优质润滑剂，锻坯表面光洁、美观，无需加工。
- e、温锻温度较低，在相变温度以下，对组织晶粒都不会造成影响。锻造后，正火处理，产品组织、硬度一致，对后续加工和热处理提供了极大便利。