



在同步器齿毂的实际生产过程中，裂纹缺陷是对产品质量影响最为严重的因素。根据对同步器齿毂在生产过程中产生裂纹的压制成型工序、精整工序及高频淬火工序的分析，采取相应的有效措施，可大幅度降低生产过程中的废品率，提高生产效率。

□ 辽宁省兴城市粉末冶金有限公司 谷文金 孙立臣

粉末冶金同步器齿毂裂纹问题分析与解决

同步器齿毂（图1）是汽车变速器中的重要零件，其作用是汽车行驶过程中换挡变速时，避免由于换挡冲击而产生打齿现象，同时提升换挡的舒适性和可操作性，降低噪声。因此对于粉末冶金同步器齿毂（以下简称“同步器齿毂”）的质量要求也是最严格的，不允许有裂纹。同步器齿毂在生产中产生废品的主要原因是裂纹，这种裂纹缺陷占生产产品的2%左右，而且产生裂纹的同步器齿毂产品多为批量出现。因此，解决生产中同步器齿毂裂纹产生问题，是整个生产过程中的重中之重。

同步器齿毂裂纹分析与解决方法

同步器齿毂在生产过程中产生裂纹的工序主要有压制成型工序、精整工序及高频淬火工序，最终保证同步器齿毂产品无裂纹。出厂合格工序则是磁粉探伤工序，必须对同步器齿毂产品进行100%磁粉探伤。

1. 压制成型工序裂纹

在粉末冶金同步器齿毂的压制成型阶段，要求压制成型要做到双向、对称及同时进行。可是，实际上，这是难以完全做到的。在压制成型时，诸如模具的动作、零件的几何形状、模具设计及模具组装等都会导致成型的同步器齿毂压坯中产生裂纹。比较难以做到对粉末的装粉、移送、压制及脱出进行同步控制。压制成型过程有许多变数，对于防止同步器齿毂压坯中产生裂纹，并没有一个简单的解决办法，需要细致分析，找出原因，采取适当措施。并且对压制成型后的批量同

步器齿毂压坯，每批从中抽取2~3件，进行试烧结，磁粉探伤，无裂纹后进行批量烧结，只此一项，就能筛选出约80%的同步器齿毂裂纹产品，使产品废品率大幅度减少。

（1）脱模裂纹

外齿部位由于在压制成型时施加高压，压坯从阴模型腔中脱出时，将出现“胀大”现象。这种压坯的弹性复原或弹性后效会使压坯中出现分层裂纹（图2）。为避免这类裂纹产生，应将阴模上端出口边沿加工成脱模锥度。将压制阴模加

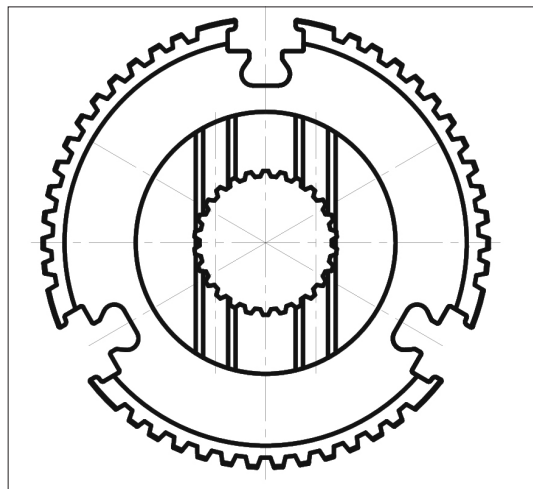


图1 同步器齿毂

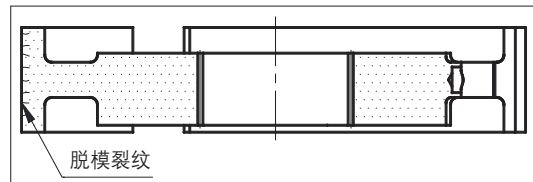


图2 脱模分层裂纹

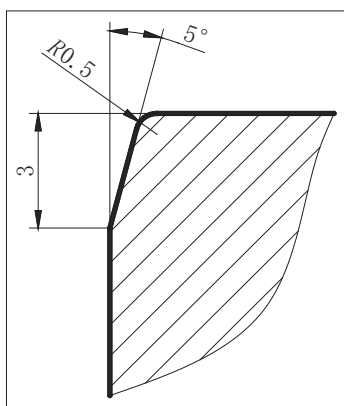


图3 倒圆角

工成 $3 \times 5^\circ$ 的脱模锥度，同时口部圆周部位倒 $R0.5$ 圆角（图3）。这不但可防止出现分层裂纹，还可防止压制时上外冲边缘损坏。

（2）空槽大径 R 角处裂纹

R 角处裂纹如图4所示。形成 R 角处裂纹的原因有两点：① R 角处过渡不圆滑，压制成型时粉末移粉不能与其他成型部位同步，形成密度差，最终成型时压在一起，形成滑移裂纹，采取措施为保证压制上、下二冲 R 角处必须圆滑过渡，否则不能使用；②压制上、下二冲外部无脱模锥度，同步器齿毂在整个空槽长度的脱模过程

中，始终与上、下二冲外表面接触，受到摩擦力作用，极易“拔出”裂纹。采取措施：如情况允许，尽量在压制上、下二冲外部增加 $1^\circ \sim 3^\circ$ 脱模锥度，这样，同步器齿毂在脱模时，就能快速脱离上、下二冲外表面，不受到摩擦力作用，减少裂纹发生可能性。

（3）空槽小径 R 角下面处裂纹

空槽小径 R 角下面处裂纹如图5所示，其产生原因主要是压制成型时芯部密度与筋板部密度差过大，粉末滑移造成裂纹。采取措施：压制调模时，测量芯部密度与筋板密度，使其密度差接近，减少裂纹产生。

（4）筋板处通透性裂纹

筋板处通透性裂纹如图6所示，其产生原因为各模冲高度不一致，产品脱模时，最高的下三冲因弹性变形，回弹最大，支起产品，产品与压制下二冲端面有少量脱离，造成筋板处通透性裂纹。采取措施：在脱模时增加保护性脱模动作，压制上冲气动压下保护。

（5）外齿下端处裂纹

外齿下端处裂纹如图7所示，其产生原因为各模冲高度不一致，产品脱模时，最高的下三冲因弹性变形，回弹最大，支起产品，产品外齿面端面与下外冲端面有少量脱离，造成外齿下部裂纹。采取措施：由于压制下外冲装在压机固定板上，需增加固定板弹性补偿装置，使下外冲在脱模过程中，产品外齿面端面与下外冲端面始终接触，裂纹消失。

（6）同一模冲台阶处裂纹

同一模冲台阶处裂纹如图8所示，其产生原因为由于同步器齿毂台阶高度较低，为简化模具，将台阶高度差较小部分做在同一模冲上，模具台阶处过渡锥度小或有微小凹部，在脱模过程中，将小台阶处“粘掉”肉或使部分台阶裂开，造成脱模裂纹。采取措施：模具台阶处过渡锥度增大约 6° ，模具凹部用轮廓仪检测，不允许有凹陷。

2. 精整工序裂纹

精整工序裂纹是由于同步

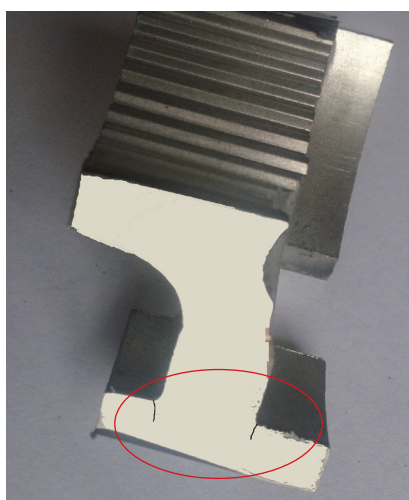


图4 空槽大径 R 角处裂纹

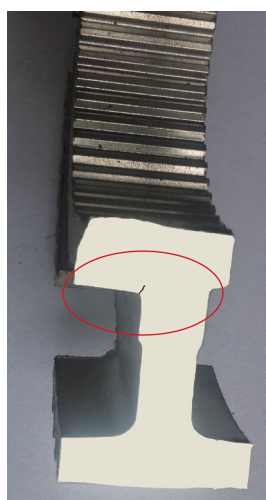


图5 空槽小径 R 角下面处裂纹

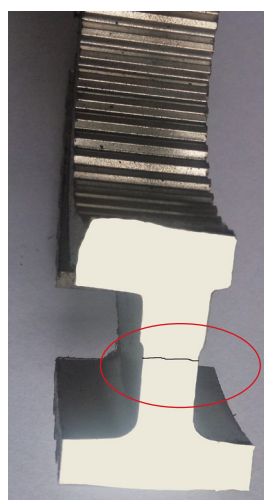


图6 筋板处通透性裂纹

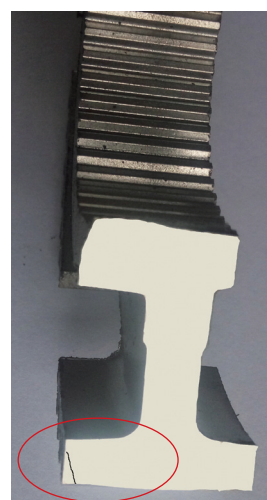


图7 外齿下端处裂纹



器变形量过大，各整形模冲的整形高度与产品台阶高度变化过大造成的。采取措施：①这一问题根本原因在于压制坯各台阶高度不一致，使整形变形量过大，必须控制压制产品高度，使压制产品高度尽量一致；②同步器齿毂整形量不应过大，要控制在 $0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$ 以内，这样既可以使同步器齿毂精度提高，又不会受力过大，产生整形裂纹。

3. 高频淬火工序裂纹

高频淬火工序裂纹如图 9 所示，主要在内花键齿根圆尖角处开裂和油槽内转角处开裂。同步器齿毂高频淬火大多要求内花键端面淬火，是使工件表面产生一定的感应电流，迅速加热零件表面，然后迅速淬火的一种金属热处理方法。感应加热设备，是对工件进行感应加热，以进行表面淬火的设备。工件放到感应器下面，距离感应圈约 3 mm ，感应器是输入高

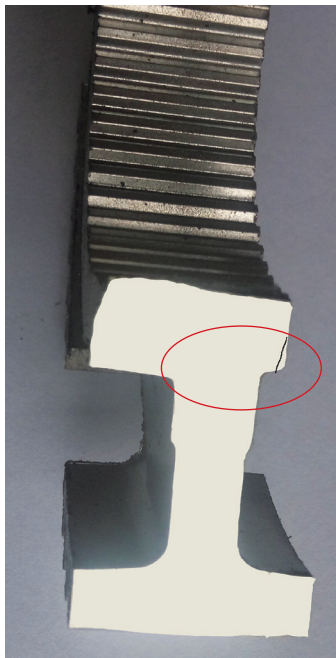


图 8 同一模冲台阶处裂纹

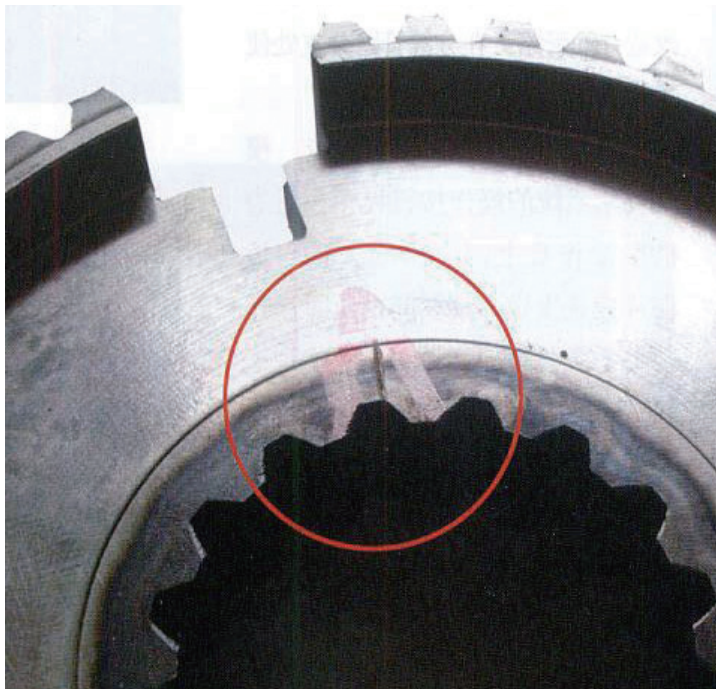


图 9 高频淬火工序裂纹

频交流电的空心铜管。产生交变磁场在工件中产生出同频率的感应电流，这种感应电流在工件的分布是不均匀的，在表面强，而在内部很弱，到心部接近于 0，利用这个集肤效应，可使工件表面迅速加热，在几秒钟内表面温度上升到 $840 \sim 860^\circ\text{C}$ ，而心部温度升高很小。高频感应淬火过程中，由于存在温度梯度，冷却时组织转变不可能同时进行，当奥氏体向马氏体相变时，会导致变相应力产生。由热应力和变相应力的共同作用，导致产品在尖角应力集中处开裂。采取措施：①与装配厂沟通，在不影响产品装配的情况下，增大内花键齿根圆角和油槽处转角，尽量避免应力集中。②根据高频淬火原理，改善高频淬火工艺，降低淬火时的功率，增加淬火时间，同时提高淬火介质温度至 60°C 。

结语

从上述分析看出，在同步器齿毂生产中，防止裂纹产生涉及零件设计、模具设计、模架动作、整形模冲动作及高频淬火工艺等。这实际上是一个以实践经验为依据的十分复杂的过程。为防止同步器齿毂裂纹产生，保证生产的同步器齿毂质量，必须对压制模具、整形模具的设计和相应工序工艺各个方面进行具体分析。另外，为避免成型的零件压坯开裂，还应注意，压制成型后，压坯脱模后的捡拾、存放及运送。 AI