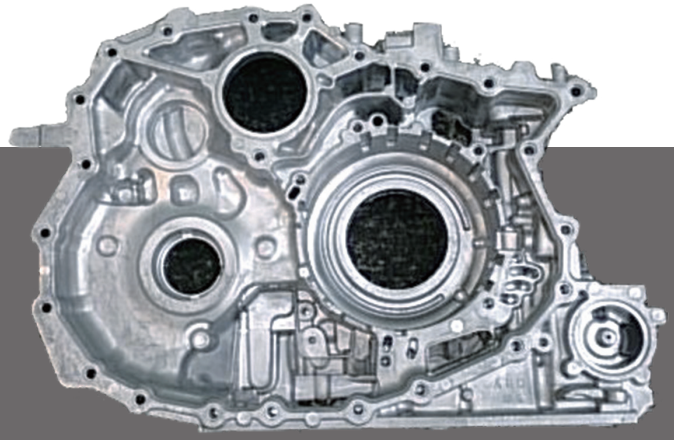
Jatco CVT 8 变速器壳体变薄技术的研究

□ 加特可株式会社/奥田 匡



对应汽车行业的省油技术这一重要课题，加特可推进了各种各样的技术开发和新技术投入。为了使变速器轻量化，加特可（JATCO Ltd）挑战了壳体变薄技术的研究。以下介绍最新的Jatco CVT8（简称CVT8）变速器壳体变薄的轻量化技术。

为了使变速器轻量化，加特可对壳体变薄技术进行了挑战。CVT8的壳体素材，除了变速器刚性确保必要的肋骨部位和厚层形状之外，一般较厚的部位，由以往的3mm变更为2.3mm。此厚度削减部位如图1红色部分所示。

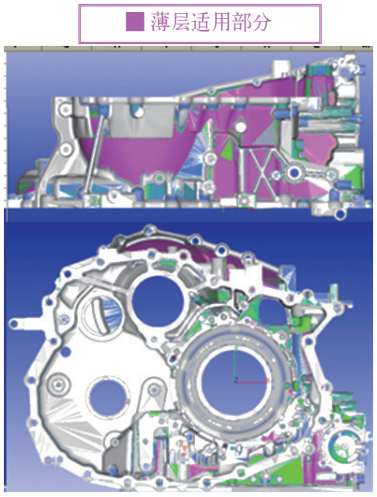


图1 CVT8薄层部位

可行性分析

如果壳体素材变薄的话，在铸造工程中，熔解状态的铝会在填充完模具前就已经凝固，导致成形不良发生。所以必须缩短熔解状态的铝填充到模具里的时间。

故将CVT8的填充时间最小化作为最重点的课题，着手开发。

壳体素材的厚度T（mm）和铝凝固的时间t（ms）的关系为：

$$t = 0.017T^2 \times 70\%$$

根据上式关系，对应本次厚度2.3mm的要求，充填到模具内的铝液将会在62.9ms后凝固。由于铸造必须将熔解状态的材料（本次是铝材），在其凝固前完全填充到模具内，所以前提条件是填充时间$t_0 \leq$凝固时间t。因此，需在62.9ms内将铝材在模具内填充好。而壳体未变薄前的厚度为3.0mm时，凝固时间需要100ms，则本次超薄化的凝固时间需要缩短37%以上。

针对此问题，讨论了浇注速度（射出速度v_s）的高速化。计算填充时间和填充到模具里的铝的体积所需要的射出速度v_s为5m/s。图2为现量产部品和CVT8的射出速度v_s的比较结果。

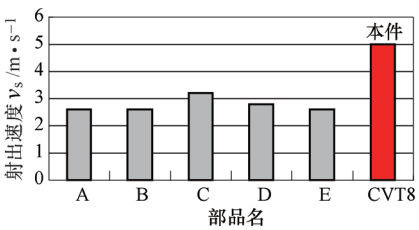


图2 射出速度v_s的比较

射出速度v_s为5m/s是至今为止没有量产过的非常高的条件。那么，需要讨论的课题是，射出速度v_s=5m/s是可能量产的值吗？模具会

损坏吗？下面做具体分析。

成立性的确认

铸造机的性能如图3所示，其中纵轴“压力”为铸造机的储能器压力。模具规格的压力——速度线和铸造机规格的压力——速度线的交点，是铸造机和模具结合运用可能实现的最大射出速度。

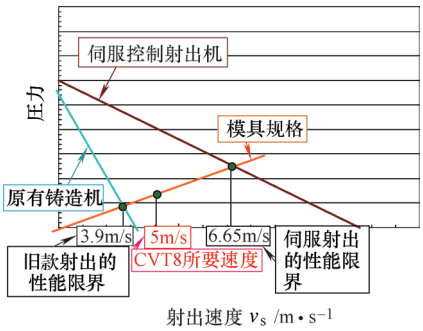


图3 压力—速度线性关系

对两类型的候选铸造机进行了比较。由图3可知，伺服控制射出机的限界性能为6.65m/s，确认到有可能实现5m/s。原有的旧款铸造机的限界为3.9m/s，无法实现5.0m/s。因此，CVT8外壳的生产由伺服控制射出机对应。

对模具的损坏性进行分析。射出速度上升的情况下，给模具带来最大损伤力的位置是图4所示的铝材填充进模具的入口处（称为水口）。铸造过程中，把熔铝填充到模具时，由于水口部位的断面突然减小，使铝形成喷射注入，将铝填充到更远的地方。因此，水口附近是铝的流入速度上升最为激烈的，模具损耗也最为严重。

铝通过水口的速度，一般称为水口通过速度v_g，有必要设定一个对铝液填充和水口前的模具的耐久性都比较好的值。v_g（m/s）由射出速度v_s（m/s）、水口断切面积A（m^2）以及袖口断切面积B（m^2）组成：$v_g = v_s/A \times B$ 。由此计算出现量产部品和CVT8的水口通过速度v_g，如图5所示。

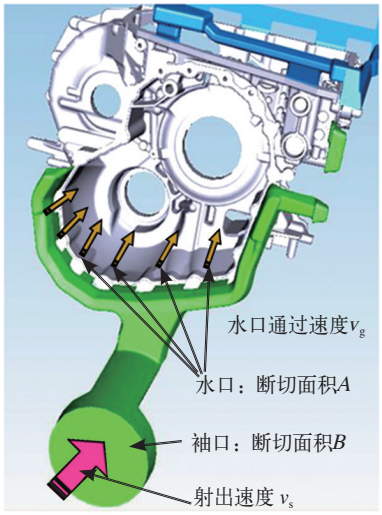


图4 水口部位

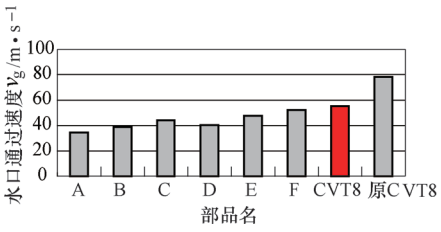


图5 水口通过速度v_g的比较

如果是当初的CVT8外壳形状，此水口的通过速度太高，但是因为最大程度设定了水口断切面积A，所以也达到了量产实际值的水平。

存在的问题

使用伺服控制射出机进行生产试制，结果射出速度v_s达到了5m/s最初的（理论）检证结果。但是，图6所示的顶面的薄层位置，可看到因铝填充不足导致的冷隔缺陷。

冷隔所发生的顶面薄层部位在铝进入模具的水口部位的旁边。一般来说，容易有问题的是离水口最远的位置，即可以确认填充铝最不利的位置是完全没有问题的。为确认流向此部分的熔液，对熔液流动解析进行再检证。

图6 顶面的冷隔

射出动作在水口前低速，水口附近切换为高速。这样的话，在铝进入模具前，因空气混入所致的气孔不良也最少化。

检证结果发现：由于条件设定在铝刚好进入薄层部位的时候切换至高速射出，但实际条件发生了变化，低速状态下薄层部分已经得到填充（见图7）。

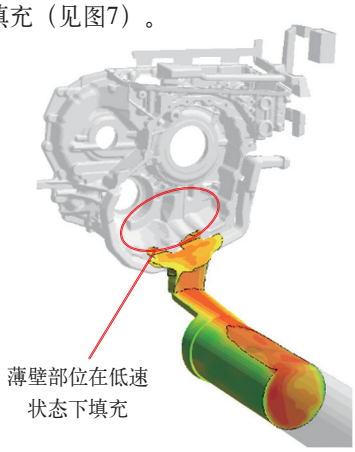


图7 熔液流动解析

对策

以上分析结果表明，铝在低速状态下进入了薄层并凝固，导致冷隔发生。因此，对策的基本方针是避免在低速时向薄层填充铝。

首先，提前射出速度v_s切换至

高速的时间，以避免低速时对薄层进行填充。通过以上措施，薄层部的冷隔得到了有效改善，但加工后有气孔不良现象发生。推测是由于切换高速的时间点过早，导致铝液中混杂了空气，产生了气孔。对此，利用伺服控制射出机的一个多段控制功能，由以往的低速/高速的2速控制变更为低速/中速/高速的3速进行控制，目标是满足无空气混入及通过薄层部的速度提升的两个要求。具体为：条件设定变更为铝在到达水口前的薄层部位之前进行低速射出，在铝快要到达薄层部位时提速（追加中速），之后再变更为所定的高速5m/s（见图8）。

通过以上对策，确保了水口前的薄层部的铝液填充的品质和内部品质，维持了壳体稳定的品质。

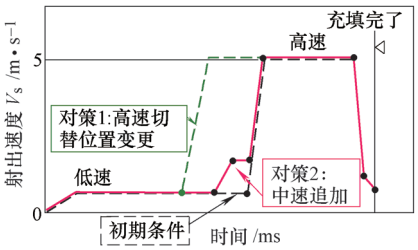


图8 射出条件

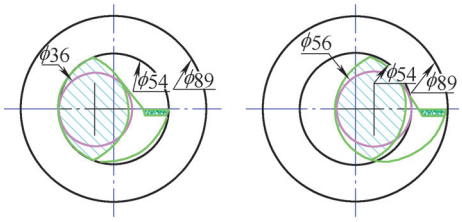
结语

通过对CVT8变速器壳体变薄的轻量化技术的研究，外壳素材的厚度2.3mm量产技术确立。研究过程中发现，低速填充的情况多，如果水口前部变薄的话，容易出现铝液填充不良等外观缺陷现象。重点是需要控制铝在通过薄层部位时的填充速度，具体方案是利用射出的多段控制来达到改善效果。AME

奥田 匡
部品技术部铸造技术课
加特可株式会社

（上接第25页）

体直径尺寸必须小于54mm，且孔径半径差（89-54）/2=17.5mm，刀具偏置大于18mm，因此刀具刀杆直径只能为36mm，工件孔深138mm，达到了3.8倍径（刀具直径），高速切削后产生振动。为了解决这个问题，经与刀具设计人员行沟通交流，结合工件特有结构形状，设计采用变截面+变半径的刀杆，首先实现反镗ϕ89N6轴承孔（见图4b）；刀杆采用重合金金属材质有效避免了切削产生振动，从根本上保证了刀体刚性。首件调试后三坐标检测壳体，加工数据显示这种方案非常有效可行，内孔精度达到6级，表面粗糙度达到要求。



(a) (b)

图 4

2.正镗加工方案

正镗孔系需要加工孔径为$\phi 82^{+0.20}_{0}$mm，ϕ74H7（$^{+0.03}_{0}$）、孔口倒角20°，ϕ73mm，ϕ72N6（$^{-0.014}_{-0.03}$）、孔口倒角45°，ϕ（58±0.05）mm、孔口倒角30°。

ϕ54mm中间孔图样没有加工要求，但考虑铸造毛坯孔，确保反镗刀杆通过性，正镗进行加工。整个工序分为两个工步：粗镗与精镗。粗镗需要完成加工3处孔加工（ϕ73mm、ϕ58mm及ϕ54mm孔）；3处孔口倒角的角度不一，分别为20°、45°和30°，无法采用一把倒角刀插补铣完成加工。综合考虑以上因素，设计采用非标方案，在粗镗工步将3处内孔及3处倒角一次加工完成，这样由刀具保证了各加工部位尺寸精度及各倒角间相互位置关系，降低了机床操作者的编程难度，缩短调试时间；而且一把粗镗刀一次加工完成5处部位加工，节省了机床换刀次数和加工时间，提高了加工效率及加工精度要求。正镗孔系的精加工采用3把标准刀具，考虑工装干涉长度，完成ϕ74H7（$^{+0.03}_{0}$）、ϕ72N6（$^{-0.014}_{-0.03}$）、ϕ（58±0.05）mm孔的精加工。

结语

减速器壳体加工尺寸精度直接影响总成装配调整难度及总成质量，针对前桥减速器壳体机加精度高要求，分析工艺难点，拟定工艺方案，制做专用工装，订制非标专用刀具；工艺人员配合现场操作者反复调试工装刀具，进行编程，一次性实现了壳体加工要求；通过三坐标对壳体机加精度检测结果，完全达到图样要求，为总成装配提供了可靠的调整数据，保证了总成装配质量，部分总成已完成了相关试验机配车任务，为后续乘用车驱动桥产品开发积累了经验。AME