

强耦合模具变形分析功能介绍

文 | 刘荣丰 JSOL 株式会社中文 翻译：李彦波 深圳网蓝通用科技有限公司

本次研讨会将涵盖以下主题。首先，将讨论实际压力机中可能出现的现象，然后举例说明模具变形分析。然后将解释模具变形分析的障碍，并介绍模具变形分析的功能。

实际冲压过程中可能出现的现象

JSOL 2

实际模具已经变形

- 在冲压工作中，模具在成形过程中会受到非常大的载荷，从而导致模具变形。
- 模具发生变形时，模具与工件之间的接触（表面压力、模具接触）会发生变化。



关注对成形产品质量的影响
例如：成形性、回弹、表面变形

Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.

首先，让我们再次考虑一个大家可能已经非常了解，但在实际冲压过程中会出现的现象。在使用薄板材料进行冲压成形时，成形过程中会对模具施加很大的载荷。这个力非常大，有时可达几百吨。同时，模具还受到来自板材的反作用力、这导致模具在板成形过程中和在下死点位置时发生变形。

模具变形会导致上下模具之间的间隙、表面压力以及模具与板材的接触方式与设计时所假设的不同。此外，材料流入量和板材形状也会发生变化、这会影响最终板材的精度和质量。

然而，在一般的金属板材成形分析中，模具被视为不变形的物体，称为刚体，这样做的原因是为了限制计算时间的增加和建模的复杂性。

因此，无法考虑由于模具的变形和形状变化的影响而导

致的流入量、这就造成了与实际现象的脱节。矛盾的是，为了进一步提高钣金成形分析的精度，有必要进行考虑挠曲效应即模具变形量的分析。

模具变形分析实例

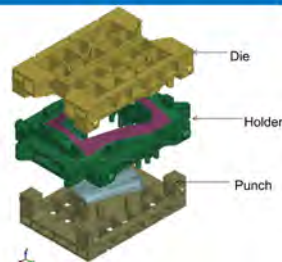
JSOL 3

解析事例1: 低碳钢的拉深成形

翼子板零件拉深成形
低碳钢：板厚0.7 mm



Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.



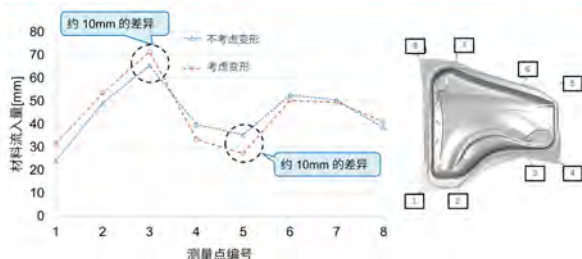
模具结构的构成

在此，考虑和不考虑变形量情况下的材料流入量变化以及与实际现象的偏差、下面是一些案例研究。第一个例子是将模具变形分析应用于汽车翼子板。零件的几何形状和模具结构如幻灯片所示。在这种情况下，我们将根据是否考虑变形量来评估该零件的材料流入量变化。

模具变形分析实例

JSOL 4

解析事例1: 低碳钢的拉深成形



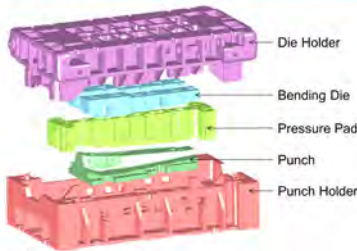
在幻灯片的图表中、未考虑变形的分析结果(蓝线所示)、红线所示为考虑变形的分析结果,可与蓝线所示未考虑变形的分析结果进行比较、3点和5点的材料流入量相差约10毫米,这是由于两者的差异造成的。由此可以确定,是否考虑模具变形会影响材料的流入量。

模具变形分析实例

JSOL 5

解析事例2: 高强度零件的弯曲成形

底板中心零件弯曲成形
590 MPa 高强度钢: 板厚 1.1 mm



模具结构的构成

Reference:
M. Arai and N. Kijiga
"Sheet Metal Forming Simulation System Coupled with Die Tool Deformation"
Proceedings of the 14th ICAE, 2002.

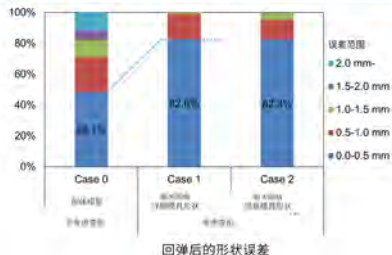
Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.

下面是另一个将模具变形分析应用于前地板面板中心零件的例子。该零件由 590MPa 的高强度钢材料制成,零件几何形状和模具结构如幻灯片所示。在本案例研究中,评估了是否考虑模具变形对回弹精度的影响。

模具变形分析实例

JSOL 6

解析事例2: 高强度零件的弯曲成形



Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.

下面是回弹结果与实际几何形状的比较。在幻灯片上的图表中, CASE0 是未考虑变形的回弹结果, CASE1 和 2 是考虑了变形的回弹结果。从图中可以看出,与刚性模具模型相比,考虑模具变形后,0.5 毫米以内的形状匹配率提高了 2 倍。

迄今为止,通过考虑模具变形,可以确定流入量的差异和板材精度的提高。然而,进行模具变形分析通常会遇到一些障碍。下面将对这些障碍进行解释。幻灯片显示了目前进行模具变形分析时面临的主要问题。

首先是创建模具的四面体网格。由于要对大型复杂结构进行网格划分,网格划分过程通常需要大量的手动修改时间,

模具变形分析的障碍

JSOL 7

建立模型的主要障碍

创建模具结构的四面体网格

要对大型复杂模具结构进行网格划分

需要高级建模技能

模具变形分析建模过程中需要分配载荷、接触定义等

单元数量增加导致计算时间显著增加

通过精细化模具的表面与粗大的四面体模具结构配合来减少部件的单元数量

Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.

模具变形分析功能介绍

JSOL 8

全自动网格划分器

修正微小 CAD 面, 自动创建和修正网格

独特的模型结构简化方法

将粗网格和密网格相结合 JSTAMP 独特的模具变形分析模型建模方法

多功能前处理器

类似 CAD 的图形用户界面, 横截面显示、Ansys LS-DYNA 关键字编辑、预览功能...等许多有用的功能

强耦合模具变形分析功能

Copyright © 2023 JSOL Corporation. All Rights Reserved.

包括删除 CAD 微小面和修改单元的几何形状。

其次,需要高级建模技能。分配边界条件,例如为缓冲销分配载荷或在复杂的实体结构中定义接触点,需要掌握操作通用前处理软件的高级技能。

第三,单元的数量过多,相关计算时间大幅增加。通常,在进行考虑变形的冲压成形分析时,为了再现坯料形状,会在模具表面使用密集的实体网格,这可能导致整个模型的分析规模超过 100 万个单元。

与刚性模具分析相比,在这种模型规模上进行分析会大大增加计算时间。因此,可以通过进行模具变形分析来减少与实际现象的偏差,但这大大增加了分析模型创建的难度。

因此,开发了强耦合模具变形分析功能,以解决前面所述的模具变形分析的问题。通过该功能,可以轻松创建传统上难以创建的模具变形分析模型。下面着重介绍代表强耦合模具变形分析功能的四个主要功能:

首先是全自动网格划分器。为了应对大型复杂模具结构的网格划分,该功能包括一个网格划分器,可以全自动完成从 CAD 修改到网格创建和修改的所有工作。

这样就省去了传统的手工操作过程,如 CAD 微小面的

修改和网格修改，从而大大减少了工时。

第二个是专用的设置功能。专门开发的设置功能可支持复杂模具结构的边界条件设置，如载荷、接触条件和螺栓约束。这样就可以建立复杂模具结构的模型，而无需传统的高级建模技能。

第三是 JSTAMP 独特的模型结构简化方法。通过在非工作材料接触计算和模具变形计算中使用不同的粗网格模具结构模型和密网格的模具表面模型进行耦合，可以显著减少单元数量，缩短计算时间。

第四个是多功能前处理器。首先，前处理器具有类似 CAD 的图形用户界面和可操作性，操作直观。前处理器还配备了许多有用的功能，如横截面显示、ANSYSLS-DYNA 关键字编辑和上、下死点位置预览功能，以支持用户方便快捷地建立模具变形分析的模型。

模具变形分析功能介绍

快速模型创建

翼子板零件模型创建的时间实例



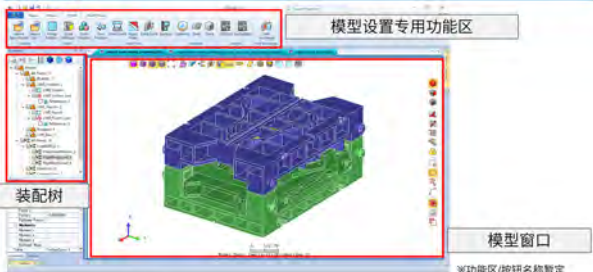
内置网格划分器和专用设置大大缩短了模型制作时间

Copyright © 2023 J SOL Corporation. All Rights Reserved.

现在来看看强耦合模具变形分析功能的整体性能。性能方面的显著特点是模型构建和网格划分时间大幅减少。对于幻灯片右侧所示的翼子板部件的模具结构、本幻灯片比较了强耦合模具变形分析功能与通用前处理器的边界条件设置时间和网格划分时间。从图中可以看出，使用强耦合模具变形分析功能可以将所需的工时从一天减少到30分钟以内。

模具变形分析功能介绍

界面配置



Copyright © 2023 J SOL Corporation. All Rights Reserved.

随后是界面配置的介绍。这是强耦合模具变形分析功能的操作界面。与普通的 JSTAMP 图形用户界面不同，它的主要特点之一是类似于 CAD 软件。装配树位于左侧，模具的每个部件和边界条件都在这里集中管理。

此外，这里存储的信息可以分别显示和隐藏、这样，即使在对复杂的模具结构建模时，您也可以毫无压力地确认每个条件。顶部的模型设置功能区是建立模具变形分析模型的专用功能区。右侧部分为型窗。

模具变形分析功能介绍

本次研讨会介绍的功能列表

本讲座将介绍强耦合模具变形分析功能的部分功能

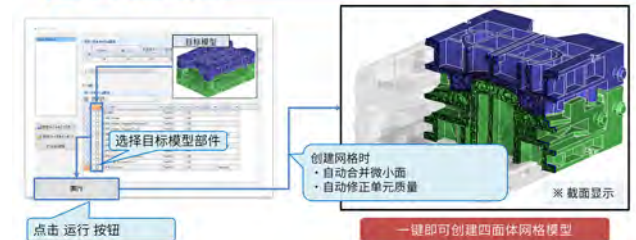
- 全自动网格划分器
- 模型简化方法
- 专用设置
 - 接触条件提取
 - 自动定义螺栓连接
- 多功能前处理: 截面显示

Copyright © 2023 J SOL Corporation. All Rights Reserved.

这一节将介绍强耦合模具变形分析功能中的一些功能。

模具变形分析功能介绍

全自动网格划分器

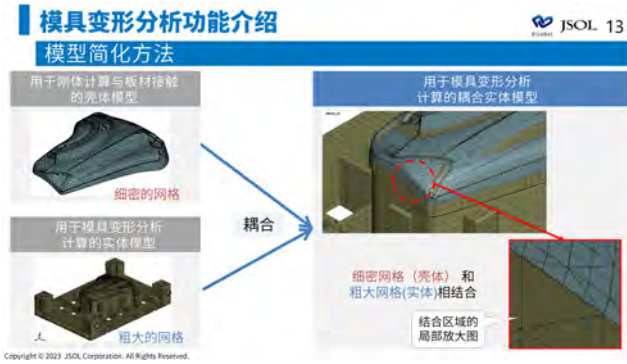


Copyright © 2023 J SOL Corporation. All Rights Reserved.

默认情况下，网格划分器为全自动网格划分器。选择“网格创建”的部件，单击“运行”按钮，依此类推。只需单击一下即可创建大型复杂结构的四面体网格。一键执行，网格划分技术成为一键式流程。这是因为该功能可全自动执行微小 CAD 面修改和单元质量修改、这些工作以前需要手工完成，耗费大量工时，而现在则不再需要、从而大大节省了工时。

此外，还可在网格划分过程中调整单元尺寸和长宽比等详细参数、还可以进行局部细分、这样就可以根据不同的应用使用不同的网格划分方法。因此，网格划分不一定是一个人的工作，只需单击鼠标即可完成。

接下来是关于粗密网格耦合模型的模型简化方法。为了



进行与板材的接触计算，所需的模具形状分辨率与进行模具变形分析所需的形状分辨率是不同的。正如幻灯片左上角所示，为了保持与板材接触计算的形状再现性，需要使用细密的网格来创建模具表面。

另一方面，如幻灯片左下角所示，在模具变形分析中，为了捕捉成形过程中的全局变形模式，达到预期的水平，并不一定需要像板材接触计算时那样细密的网格。

因此，相对大于板材接触计算可以在相对较大的单元尺寸下进行。我们利用 ANSYSLS-DYNA 的功能，结合了幻灯片左上角所示的壳体模型和幻灯片左下角所示的实体模型，以保证与板材接触计算的精度，由细密的模具表面壳体模型保证，同时全局的变形模式由创建粗大的实体模型承担。

由于现在可以将不同尺寸的网格结合起来，与创建整个详细的网格模型相比，可以大幅减少单元数量，从而最终缩短计算时间。

事实上，我们来查看一下单元的数量。

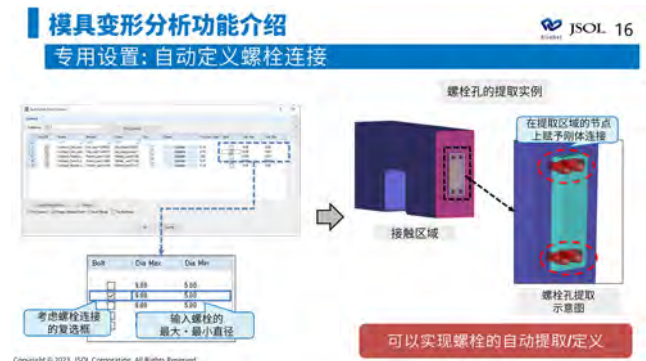
在幻灯片中的条形图中，灰色条形图显示的是采用传统方法分析模型中的单元数量红色条形图显示的是采用模型简化技术时的单元数量，分别展示了这两种建模方法获得模具变形分析模型的单元数量。

从图中可以看出，应用模型简化技术时的分析模型中的单元数量减少到采用传统方法时的十分之一左右，可以预计在单元处理相关的计算时间上将实现大幅度的减少。



接下来，将介绍专用设置功能中的接触条件提取功能。这个功能可以自动提取在使用实体模具时需要考虑的接触区域例如模具之间的滑动部件或距离块部件之间的接触。

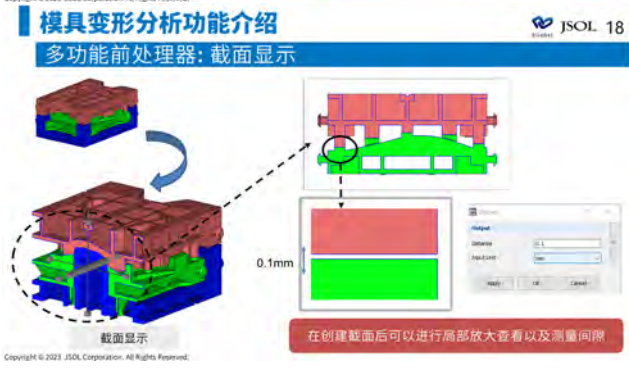
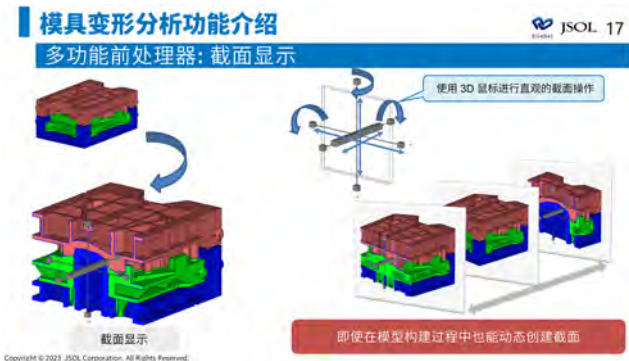
如果您想自己设置，您需要使用通用的前处理软件来选择接触段。但是，使用本功能就不需要这样做了。如幻灯片左上图所示，只需单击一个按钮，就可以提取整个模具结构的接触区域。此外，您不仅可以提取接触区域，还可以编辑各个接触区域并更改摩擦系数。



即将发布的版本中还将包括螺栓连接的建模功能。正如幻灯片左下图所示，通过输入螺栓的最大和最小直径，可以自动搜索包含在接触区域内的螺栓孔，并自动创建螺栓约束条件。

传统方法中，需要利用通用前处理器为每个螺栓创建约束定义，这涉及到繁琐的设置和大量的设置时间等麻烦。但是，通过使用这个功能，预计将能够无压力地进行设置。

最后，要介绍的是，我们正在使用的多功能前处理器中的截面显示功能。



在本功能中，可以在模型构建过程中随时进行断面显示。此外，如幻灯片右上角所示，断面的切割位置可以通过移动 3D 鼠标来指定，可以直观地操作并确认所需位置的断面。

此外，如幻灯片右下角图所示，还可以通过创建截面来测量模具之间的间隙，这有助于了解上死点和下死点时模具的位置关系。



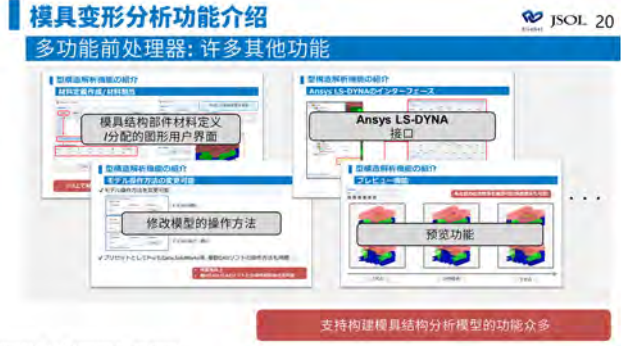
作为模具变形分析功能介绍的最后一部分，本幻灯片展示了使用该功能的流程。

该功能以刚体壳模型为基准进行建模。具体的流程如下：首先，创建基准壳单元模具模型。

然后，基于该模型，进行模具结构部件 CAD 数据的导入、

网格划分，创建与基准模型结合的耦合模型，并转换基准模型的边界条件等，从而创建用于模具变形分析的输入文件。

最后，使用创建的输入文件进行分析，在 JSTAMP3G 后处理软件中读取得到的分析结果文件，评估模具的变形量和模具应力状态。



除了这些，本功能所使用的前处理器还具备多个支持构建模具变形分析模型的功能。

本幻灯片中显示了其中的一些功能。

例如，可以更改关键配置，以便与其他 CAD 或 CAE 软件的共享操作；搭载了面向分析专家的 LS-DYNA 接口，因此也可以更改 LS-DYNA 的详细关键字等等。

因此，它不仅是模具变形分析的专用设置，它以多种方式支持大型且复杂的模具结构分析模型的构建。

未来待开发的功能：使用 Python 的 API 函数；支持更换模具结构时变更条件的再分析；进一步提高性能。

在本次 JSTAMP 专题研讨会上，与会代表就“通过模具变形分析对板材精度和材料流入量的影响”进行了讨论、模具变形分析目前面临的障碍以及如何克服这些障碍的一种功能 -- 即介绍了目前正在开发的 JSTAMP 强耦合模具变形分析功能。

今后，该功能将得到进一步扩展和改进、第一个版本计划于 2024 年 4 月初发布。

如您有任何疑问，请随时与我们的销售、JSTAMP 支持或技术人员进行咨询。MFC