

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВКИ ДИСКА ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭП 742-ИД

Зайцев А.А.

Ступинский филиал МАТИ-РГТУ им. Циолковского
Кафедра «Технология и автоматизация обработки материалов»

Научный руководитель: д.н.т., проф. Носов В.К.

Введение

Проведено компьютерное моделирование с использованием системы моделирования QForm процесса открытой и закрытой штамповки заготовки диска АКП-103 из жаропрочного никелевого сплава ЭП 742-ИД массой 228 кг и отношением $D/h_{\max} = 5.5$ при $D=620\text{мм}$. Рассмотрены действующий трехпереходный технологический процесс открытой штамповки и закрытой штамповки. Путем двухмерного численного моделирования показаны преимущества двухпереходной штамповки в закрытом штампе.

Методика проведения работы

Компьютерное моделирование процесса штамповки заготовки диска из жаропрочного никелевого сплава ЭП 742-ИД проводили с использованием конечно-элементной программы QForm.

Исходными данными для моделирования являлись: действующая технология штамповки, параметры процесса, постоянные величины, конфигурация заготовки и ручья штампа, характеристики оборудования, данные о материале заготовки, штампа и смазки.

Параметры процесса: начальная температура заготовки 1070°C , время охлаждения в нижнем штампе, температура окружающей среды, температура штампа 350°C , скорость перемещения траверсы гидравлического пресса $15\frac{\text{мм}}{\text{с}}$ и др. задавали в соответствии с технологическими рекомендациями и хронометрированием процесса штамповки.

Постоянные величины: степень черноты, коэффициент теплоотдачи между заготовкой и воздухом, коэффициент перехода работы деформации в тепло и др. выбирали из базы данных системы программы QForm. Эффективный и истинный коэффициент теплоотдачи в модели «штамп-теплоизолирующая прокладка-заготовка» определяли расчетным путем с учетом материала теплоизолирующей прокладки из муллитокремнеземного войлока.

Свойства материала штампа из стали 5ХНМ брали из базы данных программы, а сопротивление деформации сплава ЭП 742-ИД — из результатов изотермических испытаний на сжатие в интервале температур $950 - 1150^{\circ}\text{C}$ при скоростях деформации $\varepsilon = 3 \times 10^{-4} \div 3 \times 10^{-2} \text{с}^{-1}$.

Моделирование процесса штамповки заготовки диска проводили по трем вариантам:

1. Действующая технология трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в открытом штампе.
2. Экспериментальная технология трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе.
3. Экспериментальная технология двухпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе.

Результаты моделирования

Действующий технологический процесс трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в открытом штампе включает: осадку исходной заготовки $\phi 260 \times 580 \text{ мм}$, штамповку в предварительном ручье на прессе усилием 100МН и окончательную штамповку в открытом штампе на прессе усилием 300МН (рис.1).

Из результатов моделирования следует, что процесс характеризуется:

- недоштамповкой по высоте на 25мм при штамповке в предварительном ручье при полном усилии прессы 100МН;
- недоштамповкой по высоте 12мм при штамповке в окончательном ручье при полном усилии прессы 300МН;
- максимальными сжимающими напряжениями в верхнем штампе 1023МПа на окончательной стадии штамповки в окончательном ручье;
- максимальными сжимающими напряжениями в нижнем штампе 1034МПа на окончательной стадии штамповки в окончательном ручье;
- распределением поля температур $1077 - 1091^{\circ}\text{C}$ в объеме обточенной под термообработку заготовки, захлаживанием до 990°C в местах контакта поковки с верхним и нижним штампами, максимальной температурой 1148°C в месте перехода тела штамповки в заусенечную канавку;
- относительно равномерным распределением накопленной деформации от 1,2 в центре до 1,3 в ободе.

Для полного смыкания штампов при штамповке в окончательном ручье требуется усилие прессы 590МН с соответствующим возрастанием максимальных напряжений в нижнем штампе до 1922МПа, значительно превышающих предел текучести материала штампа.

В случае трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе уменьшение высоты исходной заготовки с 580 до 520мм и соответственно ее массы на 27кг снижают усилие штамповки в предварительном и окончательном ручьях. Так при штамповке в предварительном ручье усилия прессы в 100МН достаточно для полного смыкания штампов, а при недоштамповке по высоте в 25мм, как при открытой штамповке для заготовки $\phi 260 \times 580 \text{ мм}$, усилие штамповки составляет 70МН. При штамповке в окончательном закрытом штампе усилия прессы 300МН достаточно для полного смыкания штампов. Общее увеличение абсолютной деформации при штамповке в окончательном закрытом штампе на 12мм повышает накопленную деформацию до 1,4 и 1,5 соответственно в центре и ободе штампованной поковки, а максимальные сжимающие напряжения снижаются до 1020 и 1031МПа в нижнем и верхнем штампах соответственно. Отсутствие течения металла в заусенец исключает локальное повышение температуры в области течения металла в заусенец, характерное для штамповки в открытом штампе.

Третий вариант моделирования двухпереходной штамповки предполагает совмещение осадки со штамповкой в предварительном ручье (рис.2). Это позволяет снизить число переходов и сохранить все преимущества трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе.

При двухпереходной штамповке в торце исходной заготовки $\phi 260 \times 520 \text{ мм}$ и массой 229кг выполняется сферическая выемка с целью точной установки в нижний штамп, конфигурация ручья, которого соответствует конфигурации ручья верхнего штампа при трехпереходной штамповке для свободного расположения в плоской части нижнего штампа заготовки.

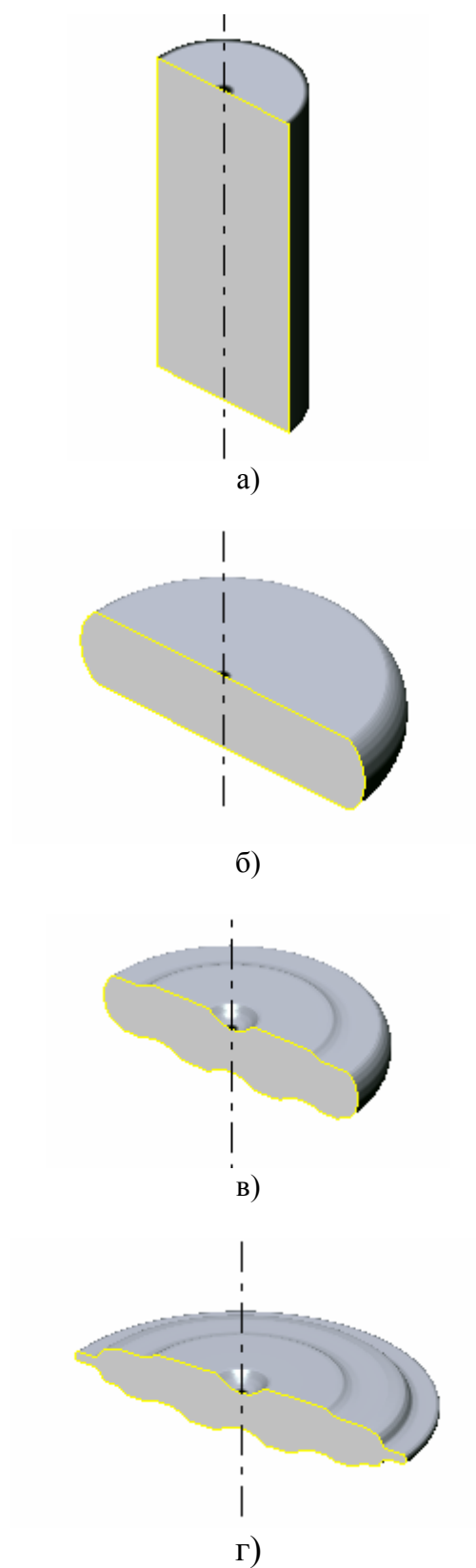


Рис.1 Технологические переходы штамповки заготовки диска из сплава ЭП 742-ИД с окончательной штамповкой в открытом штампе: а) исходная заготовка $\phi 260 \times 580$ мм, б) осадка, в) штамповка в предварительном ручье, г) штамповка в окончательном ручье

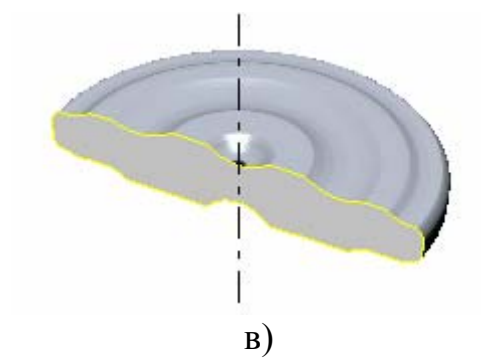
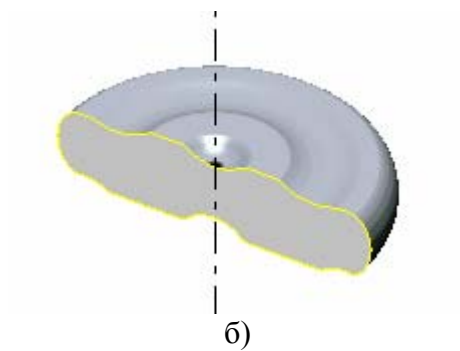
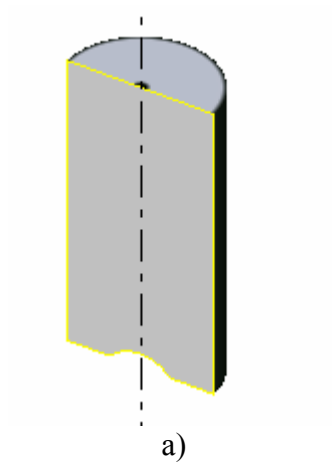


Рис.2 Рекомендуемые технологические переходы штамповки заготовки диска из сплава ЭП 742-ИД с окончательной штамповкой в закрытом штампе: а) исходная заготовка, б) штамповка в предварительном ручье, в) штамповка в окончательном ручье

При совмещении осадки со штамповкой в предварительном ручье усилие штамповки составляет 55МН при недоштамповке по высоте 25мм и 110МН при штамповке до смыкания штампов.

Усилие штамповки до смыкания штампов в окончательном закрытом штампе составляет 280МН. Поле температур равномерно распределено по объему обточенной под термообработку заготовки и составляет 1122°C в месте ступицы и 1144°C в месте вырезки образцов на механические испытания и края обода диска. Максимальная температура 1155°C соответствует центральной части наметки под отверстия.

Наиболее захлаженными являются места контакта плоской поверхности штампов с поверхностью поковки диска (975°C). Накопленная степень деформации возрастает от 1,2 в крае ступицы обточенной под термообработку заготовки диска до 1,8 у края обода. В технологическом припуске под механические испытания накопленная степень деформации -1,5.

Выводы

1. Проведено с использованием системы моделирования QForm моделирование процесса штамповки заготовки диска по трем вариантам: действующая технология трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в открытом штампе, технология трехпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе и технология двухпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе.
2. Из результатов моделирования следует, что наиболее предпочтительным является вариант, двухпереходной штамповки с окончательной штамповкой в закрытом штампе и совмещением осадки со штамповкой в предварительном ручье. В этом случае варианта штамповки сокращается число переходов с трех до двух, масса заготовки снижается на 27 кг, снижаются усилия предварительной и окончательной штамповки, облегчаются условия работы штампов.