

УДК 621.77.014

Исследование температурного разогрева при изотермической штамповке заготовок лопаток ГТД

Исангулов Денис Альбертович d.isangulov@uecrus.com

Масликов Иван Сергеевич i.maslikov@uecrus.com

Морозов Сергей Викторович sv.morozov@uecrus.com

Филиал АО «ОДК» «НИИД», Москва, Россия

Аннотация. Смоделирован процесс осадки сплавов VT18U, ЭП-718 и ВИТ-1. По результатам моделирования было оценено влияние скорости деформирования на деформационный разогрев заготовок, что позволило определить рациональные режимы для изотермической штамповки заготовок лопаток ГТД.

Ключевые слова: изотермическая штамповка, ВИТ-1, ЭП-718, VT18U, моделирование осадки, QForm

Study of temperature preheating during isothermal stamping of gas turbine engine blade work pieces

Isangulov Denis Albertovich d.isangulov@uecrus.com

Maslikov Ivan Sergeevich i.maslikov@uecrus.com

Morozov Sergei Viktorovich sv.morozov@uecrus.com

Branch of JSC UEC NIID, Moscow, Russia

Abstract. In this work the upsetting process of VT18U, EP-718, VIT-1 alloys was simulated. Based on simulation results the effect of the deformation rate on the deformation heating of the workpieces was evaluated which will allow us to determine the rational modes for isothermal stamping of gas turbine engine blade work pieces.

Keywords: isothermal stamping, VIT-1, EP-718, VT18U, upsetting simulation, QForm

Введение. Одной из важнейших задач совершенствования авиационных двигателей является повышение их надежности и ресурса. Надежность газотурбинных двигателей в значительной степени зависит от надежности работы лопаток компрессора и турбины, поскольку они являются наиболее нагруженными деталями [1]. Надежность работы рабочих и направляющих лопаток компрессора зависит не только от их конструктивной прочности, сопротивления циклическим и длительным статическим нагрузкам, но и технологии их изготовления, которая непосредственно влияет на качество поверхностного слоя хвостовика и пера лопаток [2]. Одной из основных технологий получения заготовок высокого качества с минимальными припусками для последующей механической обработки является изотермическая штамповка. В настоящее время возникает задача

трансляции технологии изотермической штамповки на новые перспективные материалы в том числе на никелевые гранульные и интерметаллидные титановые сплавы. Деформирование этих сплавов осуществляется в узком интервале температурно-скоростных параметров, которые требуется определить и поддерживать с высокой точностью [3]. Одним из требований, предъявляемых к процессу изотермической штамповки, является соблюдение заданного температурного режима деформации, с учетом деформационного разогрева заготовки. Отклонения от заданного температурного режима может привести к существенному изменению структуры материала заготовки и, следовательно, снизить его свойства [4]. Поэтому задача определения температурно-скоростных параметров, влияющих на деформационный разогрев, является актуальной.

Материалы и методы. Целью является определение температурно-скоростных режимов изотермической штамповки заготовок для изготовления образцов для определения механических свойств материала методом математического моделирования.

В данной работе используются материалы для изготовления заготовок лопаток, в частности интерметаллидный титановый сплав ВИТ-1, жаропрочный никелевый сплав ЭП-718, титановый сплав ВТ18У. Для определения рациональных режимов изотермического деформирования необходимо провести моделирование с широким варьированием параметров таких как скорость и температура деформирования. При моделировании используется заготовка, рассчитанная на изготовление трех стандартных образцов на растяжение по ГОСТ 9651–1984 (рис. 1).

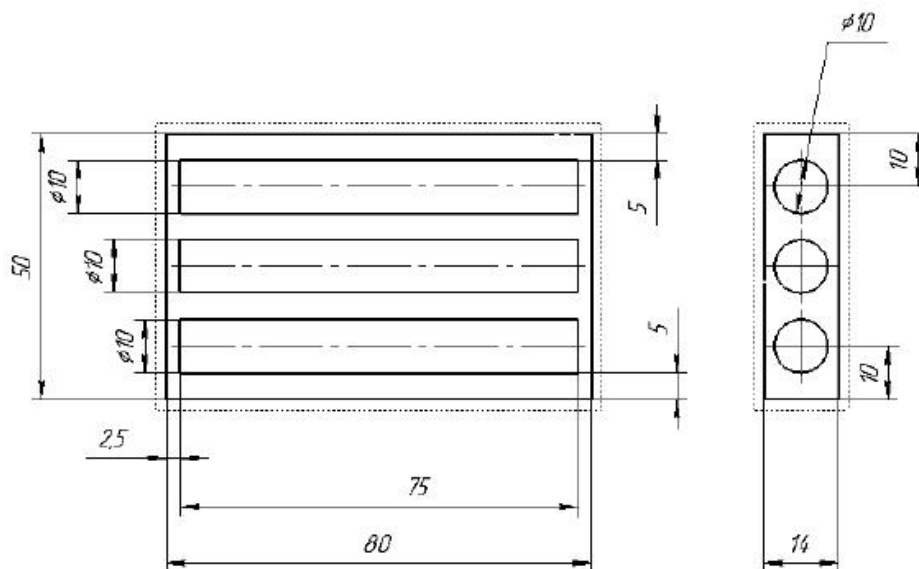


Рис. 1. Схема расположения образцов

Для проведения расчета в КОМПАС-3D были подготовлены 3D-модели заготовки и штамповой оснастки и затем загружены в программный комплекс QForm (рис. 2). Математическое моделирование выполнено в программном комплексе QForm 11.0.1, позволяющий моделировать процессы обработки металлов давлением [5].

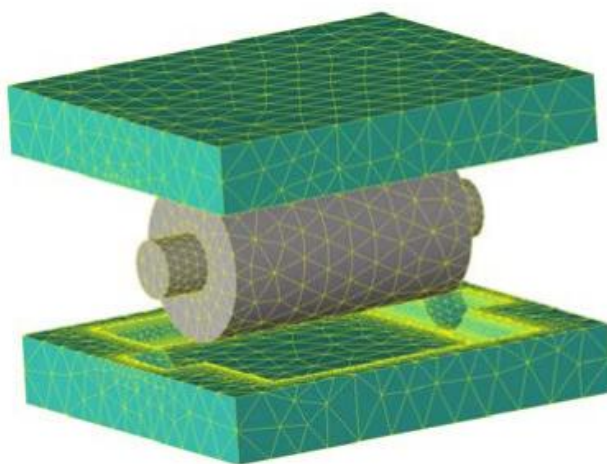


Рис. 2. Конечно-элементная модель заготовки и штамповой оснастки

Для материалов ВТ18У и ЭП718 используются реологические модели, представленные в базе данных деформируемых материалов QForm. Реологическая модель для материала ВТ-1 получена при исследовании образцов диаметром 10 мм и высотой 12 мм на осадку при температурах 980, 1000 и 1050 °С и скоростях деформирования 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 и 1 мм/с. Осадка проводилась на испытательной машине LFM50 с предварительным зажимом 100 Н. Затем данные, полученные во время испытаний, обрабатывались и загружались в QForm.

Результаты. Моделирование проводилось в изотермических условиях при температуре 950, 1000 и 1050 °С и скоростях деформирования 0,1; 1; 2 и 5 мм/с. Деформированная заготовка представлена на рис. 3.

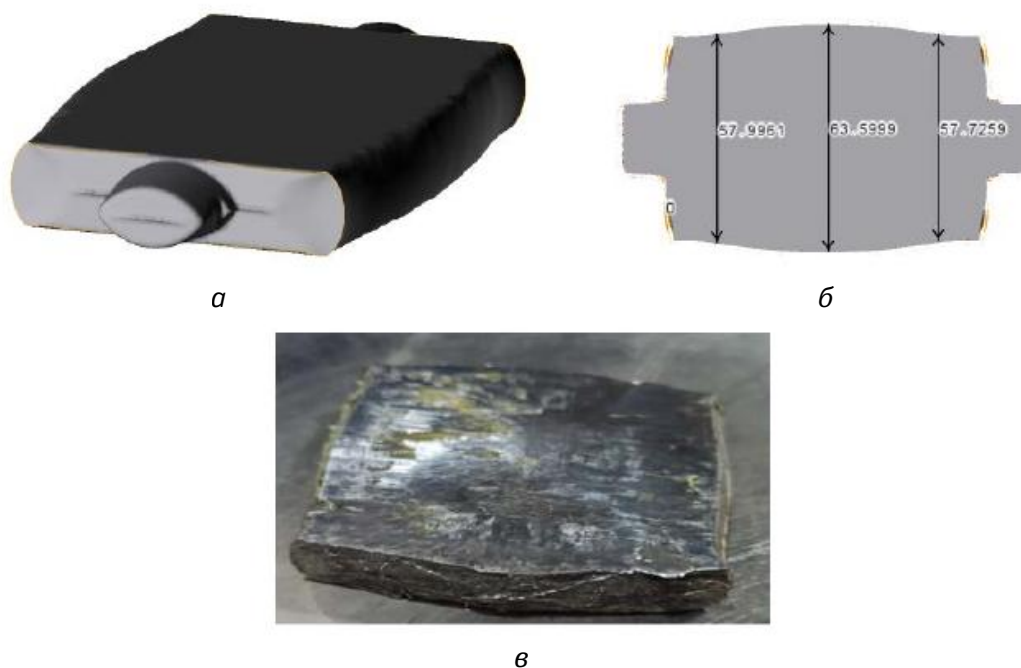


Рис. 3. Деформированная форма заготовки:
а — в 3D; б — в продольном сечении; в — заготовка на прессе

В данной статье рассмотрены результаты моделирования с точки зрения влияния скорости деформирования и температуры на деформационный разогрев заготовки. На рис. 4–6 представлены графики зависимости деформационного разогрева от хода инструмента.

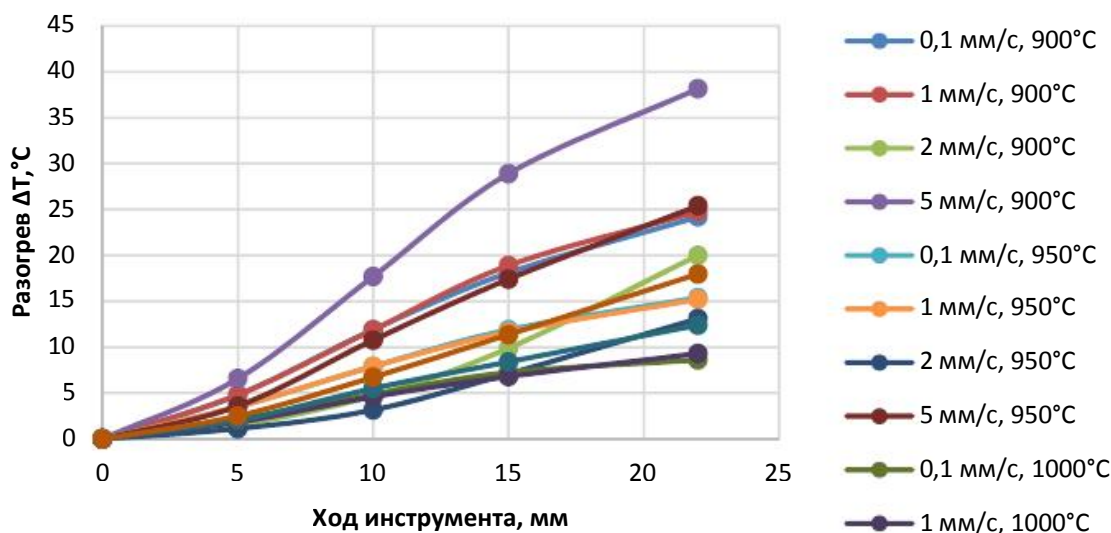


Рис. 4. График зависимости деформационного разогрева от хода инструмента для сплава ВТ18У

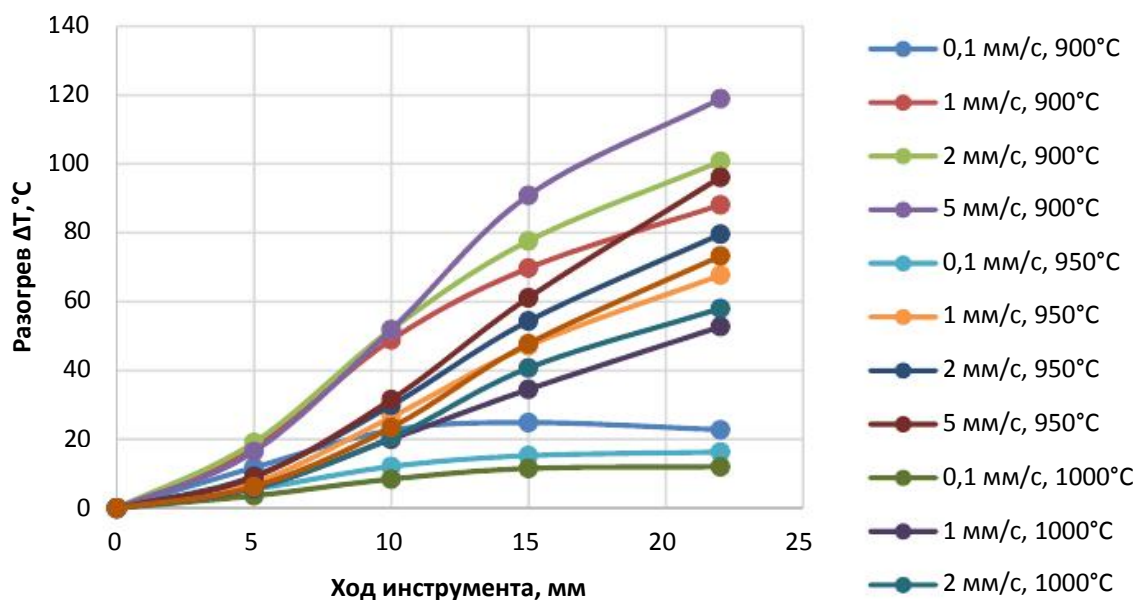


Рис. 5. График зависимости деформационного разогрева от хода инструмента для сплава ВИТ-1

Заключение. Проведено моделирование осадки образцов из материала ВТ18У, ЭП-718 и ВИТ-1. Определен деформационный разогрев, который составил:

- для ВТ18У: 30–35 °С при $v = 5$ мм/с; 30–32 °С при $v = 2$ мм/с; 23–25 °С при $v = 1$ мм/с; 18–20 °С при $v = 0,1$ мм/с;
- для ЭП-718: 42–45 °С при $v = 5$ мм/с; 35–37 °С при $v = 2$ мм/с; 30–35 °С при $v = 1$ мм/с; 5–10 °С при $v = 0,1$ мм/с;
- для ВИТ1: 100–120 °С при $v = 5$ мм/с; 90–100 °С при $v = 2$ мм/с; 80–90 °С при $v = 1$ мм/с; 15–20 °С при $v = 0,1$ мм/с.

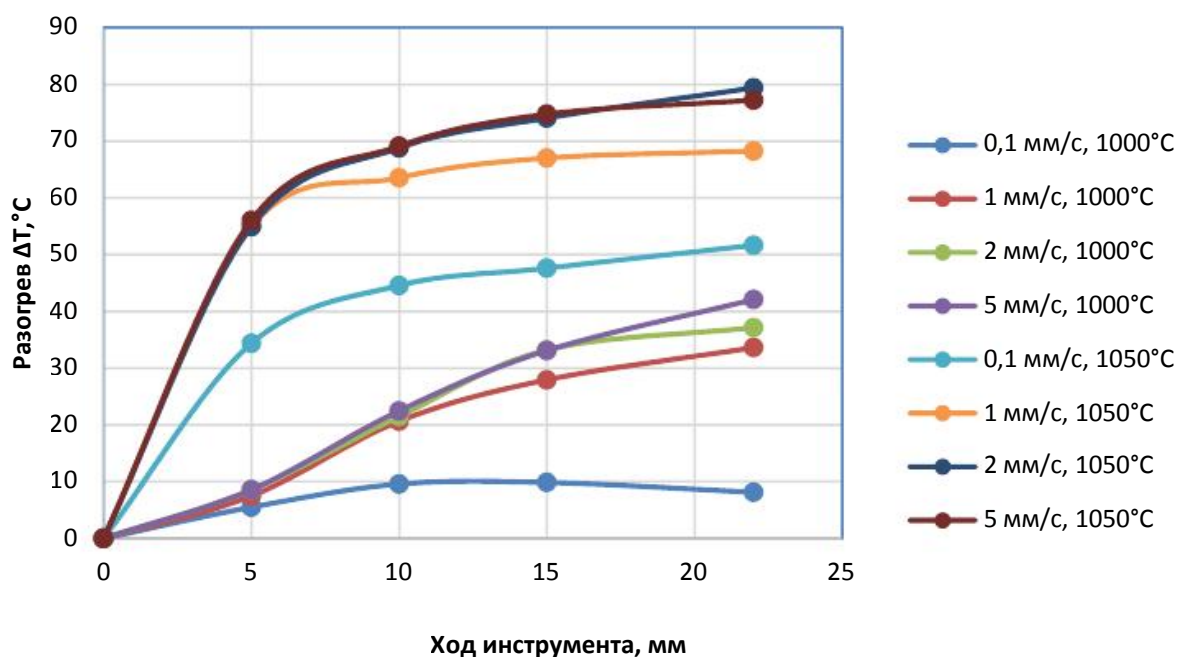


Рис. 6. График зависимости деформационного разогрева от хода инструмента для сплава ЭП-718

Моделирование подтверждает деформацию заготовки материала в рассматриваемом диапазоне температур. Установлено, что с увеличением начальной температуры штамповки деформационный разогрев заготовки уменьшается, а с увеличением скорости деформирования — увеличивается. Таким образом, поиск рациональных режимов изотермической штамповки следует производить в диапазоне скоростей от 0,1 до 1 мм/с и при температуре заготовки для ВТ18У и ВИТ-1 не менее 980 °С, для ЭП-718 не менее 1000 °С. Полученные данные будут использоваться при моделировании заготовок лопаток КВД и определении геометрических размеров штамповой оснастки.

Список источников

- [1] Крымов В.В. *Производство лопаток газотурбинных двигателей*. Москва, Машиностроение – Полет, 2002, 376 с.
- [2] Головкин С.А. *Повышение размерной точности штамповок лопаток компрессора ГТД из титанового сплава ВТ6 и стойкости штампового инструмента за счет совершен-*

ствования технологического процесса штамповки. Дис. канд. ... техн. наук. Рыбинск, РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2020.

- [3] Бойцов В.В. *Горячая объемная штамповка.* Москва, Высш. школа, 1988, 263 с.
- [4] Кайбышев О.А., Утяшев Ф.З. *Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов.* Москва, Наука, 2002, 438 с.
- [5] Власов А.В. *Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объемной штамповки.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, 383 с.