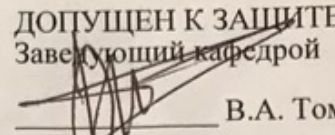


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «Машины и технология обработки металлов давлением»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой

 В.А. Томило

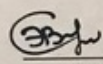
« 16.06.2021 » 2021 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

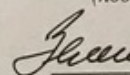
Разработка и исследование способа и технологии безоблойной штамповки  
сложнопрофильных заготовок из легких сплавов.

Специальность 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»

Обучающийся группы 10402116

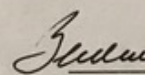
 16.06.2021 г. Э.В. Селицкая  
(подпись, дата)

Руководитель


 07.06.21 В.А. Зеленин  
(подпись, дата)

Консультанты:


Исследовательский раздел

 07.06.21 В.А. Зеленин  
(подпись, дата)


Экономический раздел

 31.05.21 Л.М. Короткевич  
(подпись, дата)

Раздел охраны труда

 26.06.21 А.М. Лазаренков  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

 06.06.21 И.Л. Кулинич  
(подпись, дата)

Объём проекта:

пояснительная записка – 84 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 84 с., 32 рис., 15 табл., 22 источника.

### ШАТУН, БЕЗОБЛОЙНАЯ ШТАМПОВКА, МОДИФИКАЦИЯ СИЛУМИНОВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

Объектом исследования является материалы на основе силуминов с повышенной пластичностью для изготовления ответственных деталей машиностроения .

Целью диплома является разработка и исследование способа и технологии безоблойной штамповки сложнопрофильных заготовок из легких сплавов.

В процессе исследования выполнено следующее: Обоснован новый технологический подход к созданию композитов на основе силуминов, заключающийся в получении методом центробежного распыления расплава состава  $Al_{65}Cu_{23}Fe_{12}$  при скоростях охлаждения  $10^3 - 10^4$  К/с армирующего порошка, в котором, наряду с  $\beta$ -,  $\omega$ - и  $\lambda$ -фазами, содержится 30 – 50 мас. %  $\epsilon$ -фазы с икосаэдрической решеткой, отличающейся высокой твердостью, в последующем формировании полуфабрикатов горячей экструзией смеси порошка сплава АК9 с армирующим, введение 10 – 15 мас. % которого позволяет, наряду со снижением коэффициента температуропроводности композиционного материала в 1,7 – 2 раза, повысить его механические свойства на 30 – 40 %, сохраняющиеся вплоть до температур 550 – 600 К, а также повысить несущую способность изготовленных из них пар трения до 80 – 100 МПа·м/с и снизить коэффициент трения с 0,25 (АК9 – сталь 45) до 0,09 – 0,14 (композит – сталь 45).

Разработана компьютерная модель процесса формообразования поковок шатуна из асимметричных заготовок предварительной осадкой со степенью пластической деформации 30 % и безоблойной штамповкой со степенью деформации не менее 65 %, позволившая оптимизировать размеры и форму заготовки под штамповку, оптимизировать режимы термомеханической обработки с индукционным нагревом исходной заготовки из стали 40ХГНМ до  $1420 \pm 20$  К, обеспечившим минимальные усилия деформации и остаточную температуру после штамповки 1100–1120 К для последующей закалки, что позволило сэкономить энергоресурсы, повысить предел текучести поковок в 1,4 – 1,5 раза, увеличить коэффициент использования металла на 30 – 40 % и обеспечить разброс шатунов по массе не более 2 %.

Разработана компьютерная модель напряженно-деформированного состояния шатунов при максимальных рабочих нагрузках с учетом инерционных сил, позволившая установить, что изготовленные из композита на основе силумина АК9, модифицированного наноструктурированным углеродом, шатуны имеют более высокий на 10 – 12 % коэффициент запаса прочности, чем шатуны из стали 35, при меньшей в 2,7 – 2,9 раза их массе. Исследованы триботехнические свойства данного композита в паре со сталью 45 (40 – 45 HRC) и чугуном ВЧ50 (45 – 50 HRC) при  $pV = 20 - 25$  МПа·м/с, показавшие, что интенсивность изнашивания композита по сравнению с силумином АК9 ниже в 2,3 – 2,8 раза и составляет 5,5 – 7,4 нг/м, что сопоставимо с износостойкостью бронз и позволяет отказаться от установки в шатуны из данного композита антифрикционных вкладышей.

Приведенный в дипломной работе аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обработка металлов в машиностроении / П.И.Полухин, В.А.Тюрин, П.И.Давидиков, 1983. – 279 с.
2. Малоотходная технология обработки материалов давлением / В.В.Девятов – Москва «Машиностроение», 1986. – 287 с.
3. Алюминиевые сплавы. Справочное издание. Пер. с нем. / под ред. М.Е. Дрица, Л.Х. Райтберга. – М.: Металлургия, 1970. – 679 с.
4. Материалы на основе силуминов с повышенной пластичностью для изготовления ответственных деталей машиностроения / А.А.Шегидевич // 2015. – С. 225.
5. Марукович, Е.И. Модифицирование сплавов / Е.И. Марукович, В.Ю. Стеценко. – Минск: Беларус. Навука, 2009. – 192 с.
6. Штамповка поковок шатунов из алюминиевого сплава / И.Л.Акаро [и др.] // Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2005. – №2 – С. 3–8.
7. ГОСТ 1583 Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия, 2003.
8. Горячая и листовая штамповка, кузнечно-штамповочное оборудование. Научно–исследовательская тематика / В.И.Василевич [и др.] – Минск: БНТУ, 2012. – 179 с.
9. Колачев, Б.А. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.А. Ливанов, В.И. Елагин – М.: Металлургия, 1981. – 416 с.
10. ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю, 2007.
11. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение, 2008.
12. ГОСТ 25.503-97 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие, 1999.
13. ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах, 2002.
14. Штамповка поковок шатунов из алюминиевого сплава / И.Л.Акаро [и др.] // Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2005. – №2 – С. 3–8.
15. Горячая и листовая штамповка, кузнечно–штамповочное оборудование. Научно-исследовательская тематика: метод. пособие / В.И. Василевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 172 с.
16. Лазаренков, А. М. Охрана труда и пожарная безопасность: учебное пособие / А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.
17. ГОСТ 12.1.005-88
18. Лазаренков, А. М. Охрана труда в металлургии: учебное пособие / А. М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 376 с.
19. Вершина, Г.А. Охрана труда: учебник / Г.А. Вершина, А.М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 564 с.

- 20.ГОСТ 12.1.030.81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление, 1988.
- 21.ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 2019.
22. ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности, 2008.