**УДК 669-177**

**Анализ обоснованности технологии изготовления шайбы-подсадки для испытаний механический свойств, исследования макро- и микроструктуры кованых прутков**

Гаврилов Евгений Павлович

*Магистр 2 года,*

*кафедра «Технологии обработки материалов»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: М.О. Смирнов,*

*к.т.н., ассистент*

Жаропрочные сплавы на основе никеля обладают комплексом механических и физико-химических свойств, востребованных в современном производстве изделий для авиационной промышленности. К подобным свойствам относятся предел длительной прочности, сопротивление высокотемпературной ползучести, коррозионная стойкость.

Целью данной работы является испытание и анализ механических свойств в образцах, взятых непосредственно в зоне горбушек без предварительного изготовления шайбы-подсадки, имитирующей последующую деформацию.

После сбора и анализа статистики по химическому составу и результатам испытаний определено влияние технологии деформирования на структуру получаемых прутков. Текущая технология действует с 2021 года и оценена по показателю коэффициента укова (Табл. 1) характеризующего влияние деформации на структуру и механические свойства прутков. В настоящее время для оценки механических свойств прутков по технологии 2021г. выполняется отрезка мерной заготовки габаритами 20+5мм с ее последующей осадкой (для имитации процесса последующей штамповки) и испытанием механических свойств.

Таблица 1. Коэффициент укова по технологии 2021 года

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТЭК 2021 года |  |  |  |  |  |
| Слиток Ø421±5 x 1960±250 мм | Температура, ℃ | Время операции, час | Макс. время операции, час | Размеры после операции, мм | Уков |
| Нагрев | 1170±10 | 9 | 10,5 | Ø421 x 1960 |  |
| 1-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø370 x 2537 | 1,30 |
| Подогрев | 1170±10 | 2 | 3,5 | Ø370 x 2537 |  |
| 2-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø320 x 3392 | 1,34 |
| Резка на 3 части |  | 6,4 | 7 | Ø320 x 1128 |  |
| Нагрев | 1170±10 | 7,5 | 9 | Ø316 x 1128 |  |
| 3-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø270 x 1545 | 1,37 |
| Подогрев | 1170±10 | 2 | 3,5 | Ø270 x 1545 |  |
| 4-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø235 x 2039 | 1,32 |
| Подогрев | 1170±10 | 1 | 2,5 | Ø235 x 2039 |  |
| Правка |  | 0,2 | 1 | Ø230 x 2129 | 1,04 |
| Общий уков |  |  |  |  | 3,27 |

Для достижения поставленных целей проделана работа по изменению технологии ковки, а также по изменению расчетного химического состава сплава ЭИ698-ВД. Достигнуть оптимальных значений коэффициента укова позволяет применение операции осадки, которая была добавлена в новую технологию, внедряемую в производство (Табл. 2)

Таблица 1. Коэффициент укова по технологии 2024 года

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТЭК 2024 года |  |  |  |  |  |
| Слиток Ø535±5 x 2700±50 мм | Температура, ℃ | Время операции, час | Макс. время операции, час | Размеры после операции, мм | Уков |
| Резка на 2 части |  | 6,4 | 7 | Ø535 x 1350 |  |
| Нагрев | 1170±10 | 9 | 10 | Ø535 x 1350 |  |
| 1-я осадка | 1180÷1000 | 0,12 | 1 | Ø635 x 950 | 1,42 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø635 x 950 |  |
| 1-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø580 x 1150 | 1,20 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø580 x 1150 |  |
| 2-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø535 x 1350 | 1,18 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø535 x 1350 |  |
| 2-я осадка | 1180÷1000 | 0,12 | 1 | Ø635 x 950 | 1,42 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø635 x 950 |  |
| 3-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø580 x 1150 | 1,20 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø580 x 1150 |  |
| 4-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø530 x 1375 | 1,20 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø530 x 1375 |  |
| 5-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø480 x 1675 | 1,22 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø480 x 1675 |  |
| 6-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø440 x 1995 | 1,19 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø440 x 1995 |  |
| 7-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø400 x 2410 | 1,21 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø400 x 2410 |  |
| 8-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1 | Ø360 x 2978 | 1,23 |
| Резка на 3 части |  | 7 | 8 | Ø360 x 990 |  |
| Нагрев | 1170±10 | 6 | 7,5 | Ø360 x 990 |  |
| 9-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø320 x 1190 | 1,27 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø320 x 1190 |  |
| 10-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø290 x 1460 | 1,22 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 2,5 | Ø290 x 1460 |  |
| 11-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø260 x 1805 | 1,24 |
| Подогрев | 1170±10 | 1,5 | 3 | Ø260 x 1805 |  |
| 12-я протяжка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø235 x 2210 | 1,22 |
| Подогрев | 1170±10 | 1 | 2,5 | Ø235 x 2210 |  |
| Правка | 1180÷1000 | 0,2 | 1,5 | Ø230 x 2305 | 1,04 |
| Общий уков |  |  |  |  | 21,68 |

Увеличение укова и суммарной деформации позволит получить микроструктуру с более равномерным и мелким зерном. Это в свою очередь позволит обеспечить получение стабильно удовлетворительных результатов механических испытаний образцов из темплета отобранного непосредственно от конечного профиля прутка без изготовления дополнительной технологической пробы.

В случае подтверждения теоретических результатов в части проработанности структуры прутка, будет основание для исключения операции изготовления технологической пробы, что сократит время цикла изготовления продукции и увеличит выход годного.

**Литература**

1. *Масленков С.Б., Масленкова Е.А*. Стали и сплавы для высоких температур — Т.2. 1991 г.
2. ГОСТ 25.502. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. М: Издательство стандартов. 1986. 34 с.
3. Овсепян С.В., Ломберг Б.С., Бакрадзе М.М., Летников М.Н. Термическая обработка деформируемых никелевых сплавов для дисков ГТД. Вестник МГТУ им Н.Э.Баумана, серия «Машиностроение», Октябрь 2011 г.
4. *Кишуров В. М., Криони Н. К., Постнов В. В., Черников П. П.* Резание материалов. Режущий инструмент. М.: Машиностроение, 2009. 492 с.