

## ЛИТЕЙНЫЙ ШТАМПОВЫЙ СПЛАВ ДЛЯ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ

**А. А. Ганеев, О. Б. Деменок, Е. Ф. Шайхутдинова**  
Уфимский государственный авиационный университет,  
г. Уфа, Россия

Разработанный новый сплав, дисперсно-упрочненный карбидами TiC и TaC, прошел производственную апробацию. Выплавка сплава и отливка штампов производились в цехе точного литья. Предварительно из чистых элементов изготавливались заготовки сплава и «таблетки» дисперсного упрочнителя, из которых затем методом переплава отливались штампы.

Плавка производилась в вакуумных индукционной плавильной печи УППФ-3М с электрокорундовой футеровкой, емкостью тигля 15 кг. Вес одной плавки составлял 12–15 кг в зависимости от потребного количества.

Температура жидкого металла контролировалась пирометром, протарированным по платина-платинародиевой термопаре погружения.

Расчет шихты на выплавку заготовок производили на основании предварительных исследований угара легирующих элементов. Для никеля, вольфрама, молибдена, хрома, циркония, церия, бора – по номинальному расчету, для углерода и алюминия с учетом угара – 13 % и 3 % соответственно. Первоначально в тигель загружали никель, кобальт, вольфрам и хром. При разряжении  $2\text{--}5 \cdot 10^{-2}$  МПа включали печь на малую мощность для дегазации и подогрева шихты, через 5–10 минут мощность увеличивалась. В жидкий металл через дозатор вводили молибден, тантал, ниобий, ванадий и углерод. После полного расплавления температура металла поднималась до 1570–1590 °С и металл выдерживался при этой температуре в течении 10–20 минут до прекращения кипения, затем температура снижалась до 1480–1510 °С и вводились добавки с интервалами 3–5 минут в следующем порядке: алюминий, титан, цирконий, легатура никель-бор, церий и 0,02 % углерода. После введения последней добавки металл выдерживали в течении 5–10 минут и при достижении температуры 1480–1500 °С производили разливку в формы цилиндрического типа с диаметром 60 мм, для следующей нарезки под мерную заготовку.

Каждая плавка подвергалась химическому и спектральному анализу по всем элементам кроме бора и РЗМ. Бор и церий определялись только спектральным анализом.

«Таблетки» дисперсного упрочнителя готовились по следующей технологии: навески дисперсного упрочнителя и пластификатора, состоящего из 50 % стеарина и 50 % парафина, тщательно смешивались и прессовались. Спрессованные «таблетки» помещались в сушильный шкаф и выдерживались при температуре 300 °С в течении 12 часов. Из опытного сплава были отлиты детали комплекта штампа. Отливки матрицы, пуансона и рамки приведены на рисунке 1.

Отлитые детали подвергались контролю методами, предусмотренными в серийном производстве: наружному осмотру, проверке геометрических размеров, рентгенопросвечиванию и люминисцентному контролю. Рентгенопросвечивание показало отсутствие во всех деталях усадочных раковин и заметной пористости (вне прибыли). Не обнаружено также трещин на поверхности отливок штампов при люминисцентном контроле и цветной дефектоскопии.

По результатам отливки первой опытной партии был составлен технологический процесс литья деталей штампа из нового сплава ЖСИ95-ДУ. Наблюдение за плавкой и заливкой показало, что сплав ЖСИ95-ДУ технологичнее серийного сплава ЖС-6У. Плена легко удаляется при температуре 1500–1560 °С. С футеровкой из электрокорунда взаимодействия сплава ЖСИ95-ДУ не наблюдается. Заполняемость форм хорошая, пригар на отливках отсутствует.

Для сопоставления свойств сплава ЖСИ95-ДУ и промышленного сплава ЖС-6У были отлиты три комплекта штампов. Штамповый блок устанавливался на гидравлическом прессе ПГ-281. Нагрев штампа до температуры 950 °С осуществлялся печью сопротивления, а температура штампа фиксировалась термопарой, зачеканенной в боковую стенку матрицы. Исследуемый штамп считается работоспособным, когда зазор Z между рамкой 3 и пуансоном 1 не превышает 0,6 мм, и толщина пера лопатки 4 между спинкой S<sub>1</sub> и корытом S<sub>2</sub> соответствует техническим условиям. Схема изотермической штамповки в режиме сверхпластичности приведена на рисунке 2.

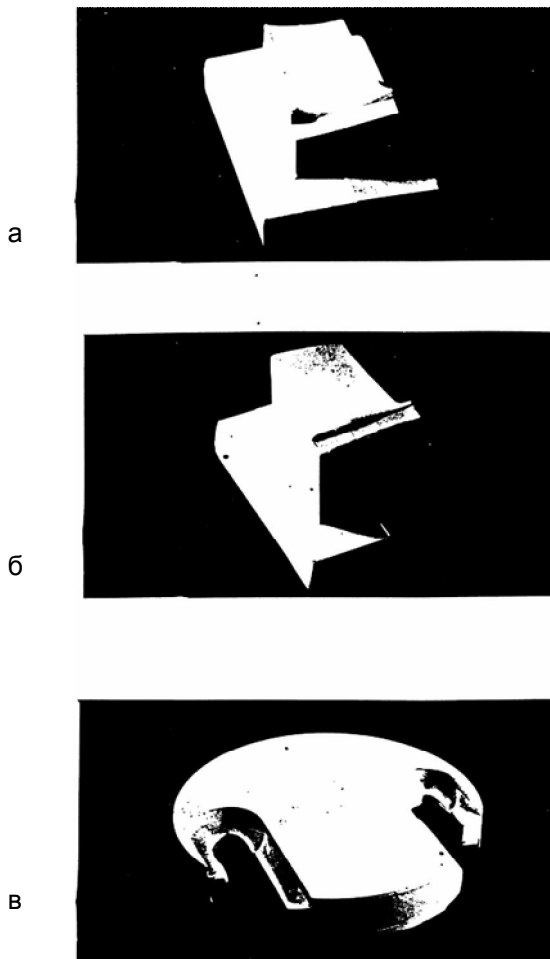


Рисунок 1 – Отливки деталей штампа:  
а) матрица; б) пуансон; в) рамка

При исследованиях каждая сотая лопатка откладывалась и клеймилась. Результаты измерений приведены на рисунке 3.

На серийном штампе из сплава ЖС-6У было отштамповано 560 лопаток, после чего штамп был снят ввиду прогрессирующего роста заусенца по кромкам лопаток, в следствии износа рамки штампа и боковых стенок пуансона. Согласно технических условий заводской технологии, когда  $Z$  начинает превышать 0,6 мм штамп снимается с прессы и

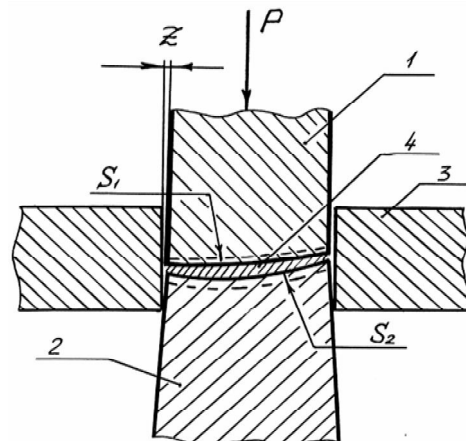


Рисунок 2 – Схема изотермической штамповки детали типа «лопатка»: 1-пуансон; 2-матрица; 3-рамка; 4-деталь штампуемая.

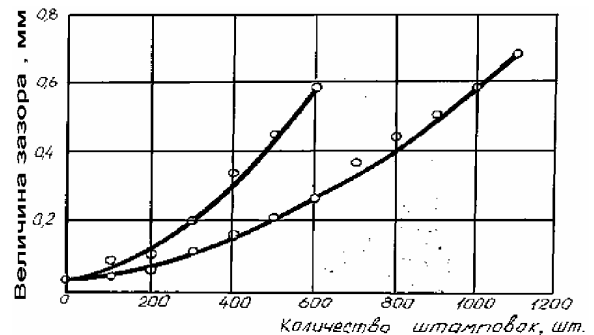


Рисунок 3 – Зависимость увеличения зазора  $Z$  от количества штамповок: 1 – материал штампа ЖС-6У; 2 – материал штампа ЖСИ-95ДУ

направляется в литейный цех на переплав. На штампе из опытного сплава было отштамповано 1125 лопаток. Небольшое появление заусенца на штампе из сплава ЖСИ-95ДУ наблюдается только после пятисот штамповок, в то время как штампы из серийного сплава ЖС-6У, при данном числе штамповок уже исключаются из рабочего процесса. Износостойкость штампов, по результатам производственного испытания, увеличилась в 2 раза.