

ШЕВЕЛЕВ А.И. (ДП «ТЕХНОСКРАП» ООО «СКРАП»), СЫНКОВ С.Г. (ДОНФТИ НАН УКРАИНЫ)

ОСОБЕННОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ОЛОВЯННО-СВИНЦОВЫХ СПЛАВОВ С ВЫСОКИМИ СТЕПЕНЯМИ ВЫТЯЖКИ

Изучен процесс получения проволоки малого сечения из оловянно-свинцовых сплавов методом прессования с высокими степенями вытяжки (коэффициент вытяжки более 1000), т.е. без операции волочения. Исследован силовой режим прессования и характер истечения сплава. Показано, что при неправильно выбранном режиме процесс характеризуется нестабильным истечением сплава, выражающимся в его «выбрасывании» из очага матрицы отдельными кусками. Вскрыты причины этого явления и определены условия стабильного процесса.

Введение

Оловянно-свинцовые сплавы ввиду низкой температуры плавления, высокой пластичности, хорошей смачиваемости металлических поверхностей широко используют в качестве припоев для лужения и пайки электро- и радиоаппаратуры, печатных схем, точных приборов с высоко герметичными швами. Оловянно-свинцовые припои, производимые предприятиями вторичных цветных металлов, имеют следующий сортмент: прутки диаметром 8–15 мм, лента — 0,8x10мм, проволока диаметром 0,8–6 мм, квадрат, трехгранник. Более востребованной является проволока диаметром 1–6 мм. Для ее производства заводы Украины используют технологию и оборудование фирмы «Unipress», включающую установку непрерывного литья, автоматический пресс горячего прессования, автоматическую установку для резки и штамповки брусков, полуавтоматическую установку холодного прессования, стан для волочения круглого прутка (крупные калибры — диаметр 4–6 мм), стан для волочения круглого прутка (мелкие калибры — диаметр 0,8–3 мм), устройства для намотки на бобины. Горячее и холодное прессование прутков проводят до диаметров 8–10 мм, после чего прутки подвергают волочению на двух машинах: 21-кратной машине — крупные калибры и 20-кратной — мелкие. Волочение такого материала, как оловянно-свинцовый припой, имеющего низкую прочность при высокой пластичности — процесс трудоемкий из-за низких относительных разовых деформаций (3–6%), особенно на диаметрах проволоки менее 3 мм, сложности получения точных размеров проволоки вследствие ее пластической деформации на участках между фильерой и волочильным барабаном. Поэтому, с целью снижения трудоемкости, целесообразно проводить горячее прессование оловянно-свинцовистых сплавов до минимально возможных размеров.

В настоящей работе изучен процесс получения проволоки малого сечения (диаметром 2 мм) из оловянно-свинцовых сплавов методом прессования, т.е. без операции волочения. Исследовали силовой режим прессования и характер истечения сплава. Технологическая цель работы состояла в определении температуры и скорости прессования, обеспечивающих наибольшую производительность установки при условии стабильного истечения сплава. Последнее условие очень важно, так как эксперимент показал, что прессование оловянно-свинцовистых сплавов с высокими коэффициентами вытяжки часто является нестабильным, при этом проволока из матрицы «выбрасывается» в виде отдельных кусков.

Методика проведения эксперимента

Для проведения исследований выбран стандартный оловянно-свинцовый сплав ПОС 61, имеющий следующий химический состав: Sn — 60–62%, Pb — 40–38%.

При экспериментах использовали заготовки $D=72$ мм, $L=200$ мм, полученных в установке непрерывной разливки ССИ-112. Прессование проводили в установке для горячего прессования с рабочей камерой контейнера диаметром 73 мм и диаметром калибрующего очка матрицы, равным 2 мм (коэффициент вытяжки $\lambda = 1332$). Угол канала матрицы составлял $2\beta=90^\circ$. Установка для прессования смонтирована на вертикальном гидравлическом прессе силой 2500 кН. Скорость движения траверсы прессы можно было изменять с помощью дросселя в диапазоне 0,5–3 мм/с. Нагревательное устройство позволяло изменять температуру контейнера и матрицы от комнатной до 150°C . В ходе эксперимента имелась возможность определять температуру проволоки непосредственно после прессования. С этой целью использовали калориметрический метод.

Силу и давление прессования определяли с помощью месдозы.

Силовые параметры процесса прессования

Экспериментальная зависимость сопротивления деформации сплава от температуры приведена на рис. 1.

Величину давления прессования p оценивали по формуле *

$$p = \sigma_s (1 + \mu \text{ctg} \beta) \ln \lambda + 1,56 \sigma_s \text{tg} \frac{\beta}{2} + \frac{4}{\sqrt{3}} \sigma_s m \frac{L}{D} \quad (1)$$

где σ_s — сопротивление деформации (см. рис. 1); λ — коэффициент вытяжки; β — половина угла матричной воронки; μ — коэффициент контактного трения в матрице по Амонтону-Кулону; m — коэффициент пластического трения в контейнере; L — длина заготовки в контейнере; D — диаметр заготовки.

Силу прессования определяли по формуле $F = p \pi D^2 / 4$.

На рис. 2 приведена зависимость расчетной силы прессования от температуры разогрева контейнера. В расчетах принято: $\mu = 0,1$, $m = 0,5$ (значения остальных параметров приведены выше).

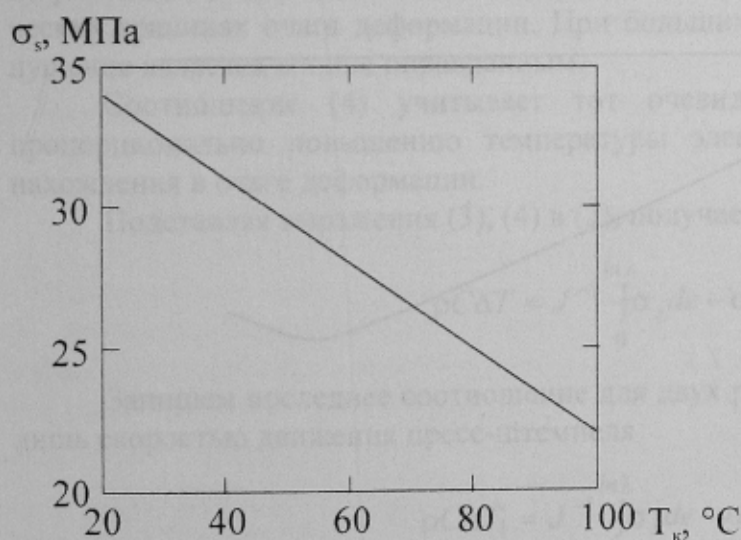


Рис. 1. Экспериментальная зависимость сопротивления деформации сплава ПОС 61 от температуры

Из приведенного графика следует, что прессование сплава на имеющемся прессе (2500 кН) при комнатной температуре невозможно из-за чрезмерно большой силы прессования. По этой причине контейнер и матрицу нагревали не менее чем до 70°C . Это позволило осуществить прессования припоя. На рис. 3 приведены экспериментальная зависимость силы прессования от перемещения траверсы прессы при температуре контейнера 90°C . На этом же графике нанесено расчетное значение силы прессования в тот момент, когда вся заготовка находится еще в контейнере.

* Бейгельзимер Я.Е., Кулеско Н.А., Палант Ю.А. Моделирование и проектирование процесса гидропрессования. Донецк: ТЕАН, 1994.-94с.

Характер истечения сплава из матрицы

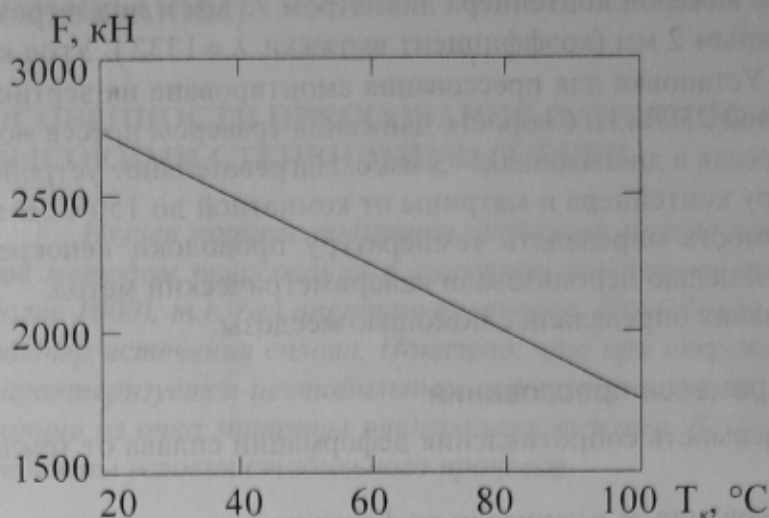


Рис. 2. Расчетная зависимость силы прессования припоя от температуры разогрева контейнера

Одной из основных особенностей процесса прессования оловянно-свинцовых сплавов с большими вытяжками является тщательный подбор температурно-скоростных условий. В противном случае процесс идет нестабильно, изделие из матрицы выходит в виде отдельных кусков.

Эксперимент показал, что при скорости движения пресс-штемпеля не превышающей 1,2–1,3 мм/с и температуре разогрева контейнера до 80°C прессование идет стабильно, качество получаемого изделия хорошее. Увеличение скорости

выше этого порога приводит к прерывистому «выбрасыванию» материала из матрицы. С нашей точки зрения причиной нестабильности является появление участков практически расплавленного сплава на выходе из матрицы. При том, что скорость выхода проволоки составляет несколько метров в секунду, это приводит к ее разрыву силами инерции.

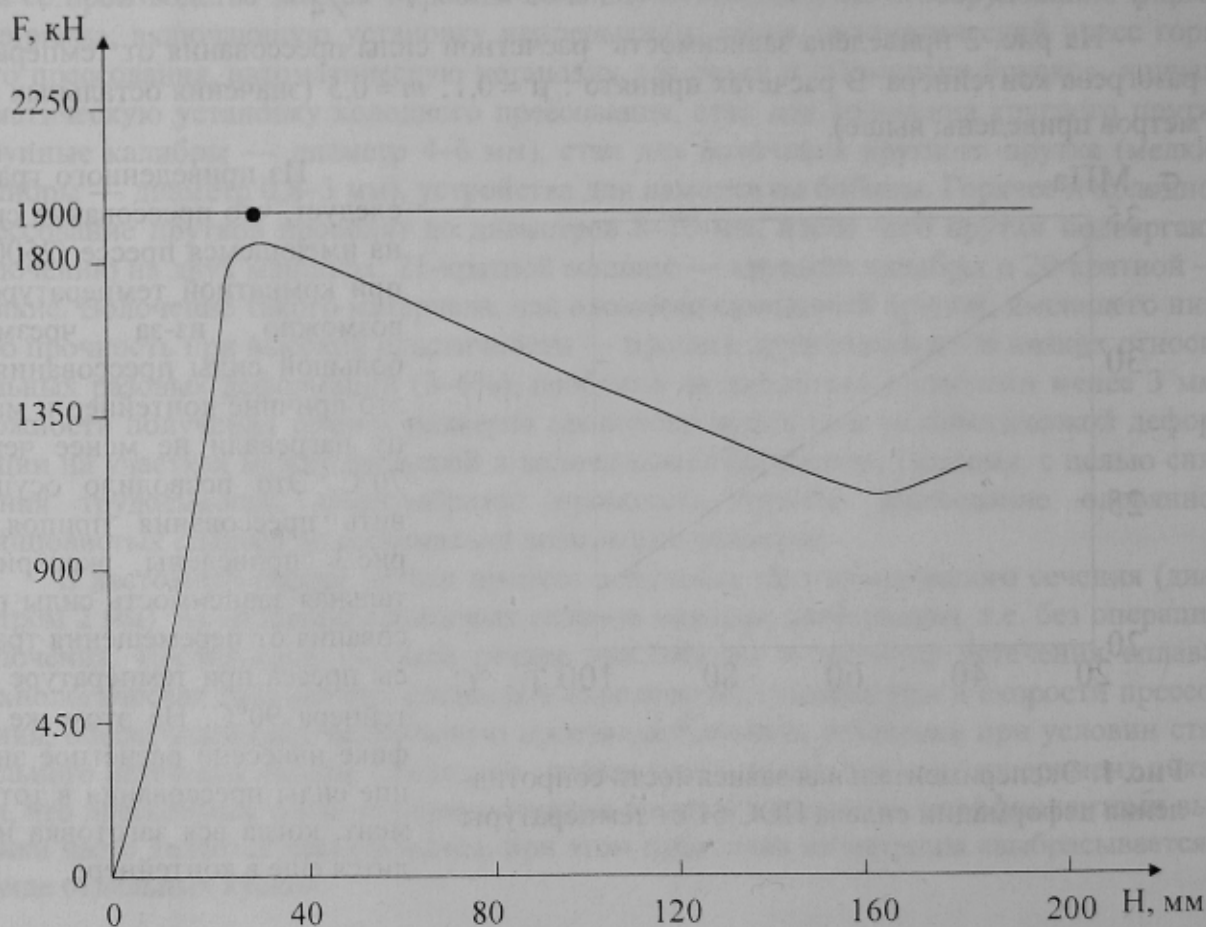


Рис. 3. Экспериментальная зависимость силы прессования от величины перемещения пресс-штемпеля при T_к = 90°C

Покажем это. Оценим температуру сплава на выходе из матрицы при прессовании. С этой целью рассмотрим следующую простую модель процесса. В ходе прессования, с одной стороны, происходит деформационный разогрев заготовки, а с другой, — охлаждение, связанное с теплопроводностью узлов установки. Запишем уравнение баланса тепла для единицы объема деформируемого материала:

$$\rho C \Delta T = Q_1 - Q_2, \quad (2)$$

где ρ, C — плотность и удельная теплоемкость деформируемого материала; ΔT — температура разогрева за время прохождения очага деформации; Q_1 — количество тепла, выделившегося при пластической деформации в единице объема материала; Q_2 — количество тепла, отведенного от единицы объема материала за время прохождения им очага деформации.

Очевидно, что Q_1 и Q_2 зависят от положения единичного объема в сечении деформируемой заготовки. Однако в среднем по сечению, в первом приближении, можно записать следующие оценки для этих величин:

$$Q_1 = J^{-1} \int_0^{\ln \lambda} \sigma_s de; \quad (3)$$

$$Q_2 = \alpha t \Delta T, \quad (4)$$

где t — время, за которое единичный объем проходит очаг деформации; α — эффективный коэффициент теплоотвода; $J = 4.18$ дж/кал — механический эквивалент теплоты.

Соотношение (3) содержит допущение лишь в том, что в качестве верхнего предела интегрирования берется не истинная величина накопленной деформации, а величина однородной деформации при прессовании. Иными словами, в этом соотношении не учитывается дополнительная деформация, связанная со сдвигами на жесткопластических границах очага деформации. При больших коэффициентах вытяжки такое допущение является вполне оправданным.

Соотношение (4) учитывает тот очевидный факт, что отводимое тепло пропорционально повышению температуры элементарного объема и времени его нахождения в очаге деформации.

Подставляя выражения (3), (4) в (2), получаем:

$$\rho C \Delta T = J^{-1} \int_0^{\ln \lambda} \sigma_s de - \alpha t \Delta T. \quad (5)$$

Запишем последнее соотношение для двух режимов прессования, отличающихся лишь скоростью движения пресс-штемпеля:

$$\rho C \Delta T_1 = J^{-1} \int_0^{\ln \lambda} \sigma_s de - \alpha t_1 \Delta T_1; \quad (6)$$

$$\rho C \Delta T_2 = J^{-1} \int_0^{\ln \lambda} \sigma_s de - \alpha t_2 \Delta T_2. \quad (7)$$

Исключим из последних двух соотношений коэффициент α , значение которого не известно. В результате получим соотношение, связывающее приращение температуры разогрева заготовки в первом и втором режимах прессования

$$\Delta T_2 = \frac{k\Delta T_1}{1 + (k-1) \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{max}}}, \quad (8)$$

где $k = \frac{t_1}{t_2} = \frac{V_2}{V_1}$; V_1 и V_2 соответственно скорости движения пресс-штемпеля в первом и втором случаях:

$$\Delta T_{max} = \frac{J^{-1} \int_0^{\ln \lambda} \sigma_s de}{\rho C} \quad (9)$$

максимально возможное повышение температуры деформируемого материала, которое реализуется в адиабатическом режиме, т.е. без теплоотвода (при $\alpha = 0$).

Введем величину относительного разогрева $\Delta T' = \frac{\Delta T}{\Delta T_{max}}$ и получим из (8):

$$\Delta T_2' = \frac{k\Delta T_1'}{1 + (k-1)\Delta T_1'} \quad (10)$$

Согласно нашей гипотезе о причинах прерывистого выдавливания, процесс прессования сплава будет происходить стабильно при выполнении условия:

$$T_k' + \Delta T_2' < T_p' \quad (11)$$

где $T_2' = \frac{T_2}{\Delta T_{max}}$; $T_p' = \frac{T_p}{\Delta T_{max}}$; T_p — температура плавления сплава.

Из соотношений (10) и (11) имеем следующее выражение для максимально возможной скорости движения пресс-штемпеля, при которой еще обеспечивается стабильное истечение сплава из очага матрицы:

$$V_m = \frac{(T_p' - T_k')(1 - \Delta T_1')}{\Delta T_1'(1 - T_p' + T_k')} V_1 \quad (12)$$

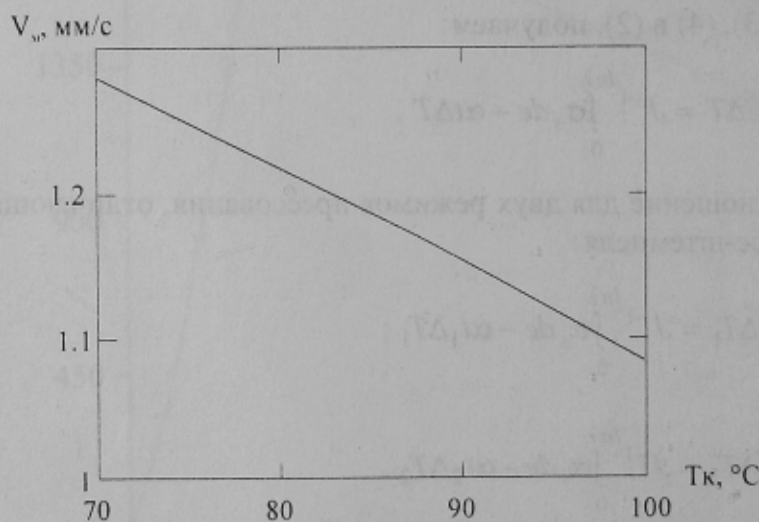


Рис. 4. Максимально возможная скорость движения пресс-штемпеля, при которой процесс прессования происходит стабильно

Для того, чтобы получить численные оценки величины V_m экспериментально определена относительная величина разогрева металла при скорости движения пресс-штемпеля $V_1 = 1 \text{ мм/с}$. Как уже указывалось выше, температуру определяли с помощью калориметрического метода. Оказалось, что при этой скорости прессования и изменении температуры разогрева контейнера в диапазоне 70–100°C, величина $\Delta T_1' \approx 0,5$. При этом для вычисления ΔT_{max} использовали соотношение (9) и принимали следующие значения

параметров: $\rho = 8,86 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $C = 0,167 \text{ Дж}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$. Сопротивление деформации, согласно рис.1, принимали линейно зависящим от температуры. Температура плавления сплава $T_p = 200^\circ\text{C}$.

На рис. 4 приведен график зависимости предельной скорости стабильного прессования сплава от температуры разогрева контейнера. Расчетные значения максимальной скорости хорошо соответствуют экспериментальным, указанным выше. Это подтверждает гипотезу о том, что прерывистое истечение обусловлено появлением участков практически жидкого сплава на выходе из матрицы.

Выводы

Выполненные исследования показали, что проволоку малого сечения из оловянно-свинцовых припоев можно получать непосредственно методом прессования с высокими степенями вытяжки (коэффициент вытяжки более 1000), не используя операцию волочения. Для этого необходим лишь гидравлический пресс силой 2500 кН и обогреваемый контейнер, с температурой нагрева до 100°C . Для того, чтобы процесс прессования проходил стабильно, скорость прессования не должна превышать 1,2–1,3 мм/с. При этом производительность установки для проволок диаметром 2–6 мм составляет 160–200 кг/ч.

© Шевелев А.И., Сынков С.Г., 2004

СМИРНОВ Е.Н., ПЕТРУЩАК С.В. (ДОННТУ), ГРИГОРЬЕВ М.В. (ЗАО «ВИЗАВИ», Г. ДОНЕЦК)

МЕТАЛЛОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОПОСТАВИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПОЛОСОБУЛЬБОВЫХ ПРОФИЛЕЙ

Приведены результаты исследований особенностей структуры и свойств полосульбовых профилей для судостроения, произведенных ведущими предприятиями Англии, России, Италии и Германии. Показано, что использование разработанной технологической схемы производства в условиях стана 620 ОАО «Краматорский металлургический завод» гарантирует достижения качества последних на уровне лучших европейских образцов.

В условиях развития рыночных отношений постоянно возрастают требования к конкурентоспособности металлопродукции и деятельности металлургических предприятий в целом. Стратегия развития металлургической промышленности Украины требует реализации принципиально новых подходов к реконструкции предприятий, сбалансированной политики в области инвестиций, новых базовых технологических решений с целью создания высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих комплексов с получением металлопродукции в соответствии с требованиями мирового рынка.

Выход на мировой рынок сортового проката ответственного назначения сопряжен с решением целого ряда принципиальных задач, касающихся, в первую очередь, вопросов его металлоемкости и сертификации. Представленные в работах [1–3] данные по сопоставительному анализу используемых технологических схем, показывают, что разработанные в Украине технические решения в полной мере отвечают всем требованиям ведущих Классификационных обществ. Тем не менее, с точки зрения дальнейшей оптимизации технологии производства полосульбовых профилей, соответствующих мировому уровню, представляется целесообразным проведение комплексного исследования по оценке качества аналогичной продукции ведущих производителей на рынке этого проката. При этом, должен быть оценен не только уровень достигаемых механических свойств, но и параметры сформированной макро- и микроструктуры в готовом прокатке, неметаллические включения и т.д.