

Д. А. Щукин, Л. М. Железняк  
УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВИНЦОВЫХ ЛАТУНЕЙ

Основное преимущество свинцовых латуней в сравнении с простыми (двойными) латунями – отличная обрабатываемость резанием с получением сыпучей мелкодисперсной стружки, что упрощает ее удаление из зоны резания (это важно для станков-автоматов), повышает качество поверхности деталей стойкость режущего инструмента. Дополнительные достоинства этих сплавов: повышенная коррозионная стойкость; хорошие антифрикционные свойства, полезные для деталей, работающих на трение; достаточная прочность.

*Ключевые слова:* свинцовые латуни, проволока, прутки, технологический регламент.

The main advantage of leaden brasses in comparison with simple (double) brass – excellent workability with cutting a fine loose swarf, which makes it easier to remove it from the cutting zone (this is important for automatic machines), enhances the quality of the surface durability of the cutting tool. Additional advantages of these alloys: increased corrosion resistance; good antifric-tion properties, useful for friction parts; sufficient strength.

*Key words:* lead, brass, wire, rods, production schedules.

Эффективное использование изделий из свинцовых латуней обусловлено их главным преимуществом в сравнении с простыми (двойными) латунями – отличной обрабатываемостью резанием [1, 2] с получением сыпучей мелкодисперсной стружки. Во-первых, это упрощает ее удаление из зоны резания (что весьма важно при обработке на станках-автоматах), во-вторых, повышает чистоту поверхности деталей, в-третьих, увеличивает стойкость режущего инструмента. Дополнительными достоинствами этих сплавов являются: высокая коррозионная стойкость; повышенные антифрикционные свойства, позволяющие применять свинцовые латуни для деталей, работающих на трение; высокий уровень прочности ( $\sigma_v$  до 800 МПа). Эти позитивные качества деформируемых свинцовых латуней проявляются при содержании в них свинца до 3 % и меди – в пределах 58–74 %. Сплавы, содержащие > 3 % свинца, обработке давлением, как правило, не подвергают, их относят к литейным маркам латуней.

Вместе с тем поведение свинцовых латуней при горячей и холодной обработке давлением существенно зависит от содержания в них свинца в

указанном пределе 3 %. Так, включения нерастворимого свинца в  $\alpha$ -латунях (марки ЛС74 – 3, ЛС64 – 2, ЛС63 – 3) не позволяют проводить их горячую прокатку, и заготовки под волочение получают путем горячего прессования на горизонтальных гидравлических прессах в условиях явно выраженной, благоприятной с точки зрения деформируемости схемы напряженного состояния с преобладанием сжимающих напряжений; в холодном состоянии они обладают хорошей деформируемостью. Для двухфазных  $\alpha + \beta$  латуней (ЛС60 – 1, ЛС59 – 1, ЛС58 – 2) можно успешно проводить горячую деформацию и удовлетворительно – холодную обработку давлением [2]. Поскольку в проволочном производстве для обеспечения практически непрерывного волочения применяют стыковую электросварку бунтов промежуточной заготовки, способность к такой сварке является необходимым и важным условием обработки сплавов. Свариваемость свинцовых латуней можно считать лишь удовлетворительной, причем трудности при стыковой сварке возрастают с увеличением в сплавах содержания свинца. Однако практика производства показывает, что при правильно назначенных режимах сварки (силовых, температурных, электрических) достигается надежная сварка концов заготовки, обеспечивающая ее безобрывное волочение.

Большинство машиностроительных заводов-потребителей оснащены современными автоматизированными линиями для крупносерийного и массового производства деталей, на которых осуществляют операции как холодной штамповки, так и механической обработки, в связи с чем предприятия-заказчики электротехнического, приборостроительного, часового, оборонного и других секторов испытывают повышенный интерес к полуфабрикатам (пруткам и проволоке), сочетающим весьма высокий уровень обрабатываемости как давлением, так и резанием, разумеется, при соблюдении требований нормативной документации к механическим свойствам продукции.

С возрастанием в свинцовых латунях содержания меди (в интервале 58–74 %) повышается сопротивление горячей деформации [1], это порождает рост усилия прессования заготовок под последующее волочение на горизонтальном гидравлическом прессе (ГГП). В связи с этим приходится или снижать габариты и массу слитков для прессования или увеличивать сечение прессованных заготовок и тем самым удлинять маршруты волочения; очевидно, оба эти фактора весьма негативно влияют на экономические показатели производства.

Действующей технологической схемой производства прутков и проволоки из свинцовых латуней [5] предусмотрено несколько проходов волочения с промежуточными полными отжигами при  $t = 550\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , включая предчистовой. Основным недостатком такой схемы при использовании традиционных шихтовых материалов заключается, во-первых, в существенной нестабильности значений  $\sigma_b$  и, во-вторых, в недостижении

требуемого уровня относительного удлинения  $\delta$ . Например, согласно ТУ [3, 4] проволока и прутки из латуни ЛС58–2, потребляемые предприятиями автопрома для изготовления деталей и комплектующих изделий, должны иметь  $\sigma_b \geq 490$  МПа и  $\delta = 10\text{--}20$  %; фактически получали  $\sigma_b = 500\text{--}598$  МПа, что формально отвечает требованиям ТУ, однако при таких высоких значениях  $\sigma_b$  относительное удлинение падало до 5–8 %, т. е. не соответствовало требованию нормативного документа.

По этой причине с целью обеспечения уровня нужных характеристик полуфабрикатов приходилось варьировать режимы деформации при волочении, что значительно повышало трудоемкость с учетом широкого размерного и марочного сортамента изделий [7].

Существующую схему значительно изменили, а именно:

- в качестве предчистой термообработки применили дорекристаллизационный отжиг при 200–250 °С с выдержкой при этой температуре от 1 до 2 ч;
- отношение коэффициентов вытяжки в предчистовом и чистовом проходах установили в интервале  $\lambda_{\text{предч}} / \lambda_{\text{чист}} = 1,09\text{--}1,17$ .

Назначенный температурный интервал 200–250 °С обосновывается следующим. При рекристаллизации сплавов свинец либо располагается по границам зерен, либо выделяется в элементной форме и обнаруживается на микрошлифах в виде темных мелких включений [6]. Это позитивно сказывается на механической обработке и отрицательно – на холодной деформации вследствие ощутимого падения  $\lambda_{\text{max}}$ . При горячем прессовании на ГТП указанное поведение свинца нередко приводит к поверхностным трещинам на пресс-изделии даже при строгом соблюдении температурно-скоростного режима прессования.

Что касается продолжительности выдержки 1–2 ч в этом интервале температур, то ее назначение следует из данных, полученных в действующем производстве, с условием прохождения полной рекристаллизации скоплений свинца; при установлении температуры в районе верхнего предела интервала (250 °С) достаточно выдержки 1 ч (для садки металла повышенной массы несколько выше), при нижнем температурном пределе (200 °С) ее следует увеличить до 2 ч.

Отношение коэффициентов вытяжки в предчистовом и чистовом проходах 1,09–1,17 базируется на простом расчете. Для производства изделий из латуней ЛС59–1, ЛС58–2, ЛС63–3 вытяжку в предчистовом проходе выдерживают в интервале 1,2–1,4, а в чистовом проходе назначают в пределах 1,1–1,2. С учетом масштабного фактора для готовой проволоки повышенных размеров 5,6–8,0 мм из двух первых сплавов, а также для прутков диаметром 9–16 мм предпочтительно использование отношения  $\lambda_{\text{предч}}/\lambda_{\text{чист}}$  вблизи нижних границ (соответственно 1,2 и 1,1); верхние границы (соответственно 1,4 и 1,2) относятся к проволоке пониженных диаметров 4,0–5,5. Тогда в обоих случаях получаются следующие отношения:

для  $d \geq 5,6$  мм  $\lambda_{\text{предч}}/\lambda_{\text{чист}} = 1,2/1,1 = 1,0909 \approx 1,09$ ; для  $d \leq 5,6$  мм,  $\lambda_{\text{предч}}/\lambda_{\text{чист}} = 1,4/1,2 = 1,1666 \approx 1,17$ , т. е. они полностью соответствуют разработанному технологическому режиму.

При производстве полутвердой и твердой проволоки диаметром 5–8 мм из латуни ЛС63–3 вытяжку в чистовом проходе назначают соответственно полутвердому и твердому состояниям 1,15 и 1,25. Для получения проволоки из латуни ЛС63–3 особо твердого состояния вытяжка в чистовом проходе должна составлять  $\lambda_{\text{чист}} = 1,45$ . Во избежание дефектов в виде поверхностных трещин это значение  $\lambda_{\text{чист}}$  достигают за два прохода при  $\lambda_{\text{предч}} = 1,26$  и  $\lambda_{\text{чист}} = 1,45/1,26 \approx 1,15$ .

Согласно ТУ [3, 4] проволока и прутки из сплава ЛС58–2 должны иметь следующие механические свойства:  $\sigma_{\text{в}} \geq 490$  МПа и  $\delta = 10\text{--}20\%$ ; при использовании традиционной схемы получали:  $\sigma_{\text{в}} = 500\text{--}598$  МПа и  $\delta = 5\text{--}8\%$ . При применении измененного технологического регламента механические свойства готовых изделий всех без исключения промышленных партий составили:  $\sigma_{\text{в}} = 510\text{--}549$  МПа и  $\delta = 12\text{--}18\%$ , т. е. полуфабрикаты полностью соответствуют требованиям ТУ. Немаловажным достоинством новой схемы является значительно суженный интервал значений  $\sigma_{\text{в}}$  по сравнению с прежней ситуацией [7].

### Список литературы

1. *Смирягин А. П.* Промышленные цветные металлы и сплавы / А. П. Смирягин, Н. А. Смирягина, А. В. Белова. М.: Металлургия, 1974. 488 с.
2. *Осинцев О. А.* Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки : справочник / О. А. Осинцев, В. Н. Федоров. М.: Машиностроение, 2004. 336 с.
3. ТУ 184590-106-53-98. Проволока из латуни марки ЛС58-2. Группа В64.
4. ТУ 184570-106-52-98. Прутки из латуни марки ЛС58-2. Группа В64.
5. *Ерманок М. З.* Волочение цветных металлов и сплавов / М. З. Ерманок, Л. С. Ватрушин. М.: Металлургия, 1988. 288 с.
6. *Мальцев М. В.* Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / М. В. Мальцев. М.: Металлургия, 1970. 364 с.
7. *Кузьмина Е. В.* Совершенствование технологии производства прутков и проволоки из свинцовых латуней / Е. В. Кузьмина, Л. Н. Марущак, Л. М. Железняк и др. Цветные металлы. 2012. № 5. С. 93–96.