

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРУТКОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Г. А. Околович, И. В. Марширов, И. В. Костик, Е. Е. Пойдин
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Рассмотрена технология получения длинномерных заготовок цветных металлов методом непрерывного литья непосредственно из расплава. Установлена оптимальная скорость вытяжки прутка из расплава и его скорость охлаждения.

Ключевые слова: цветные металлы, латунь, медь, кристаллизация, расплав, скорость вытяжки, твердость, структура

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING NUTS OF NON-FERROUS METALS

G. A. Okolovich, I. V. Marshirov, I. V. Kostik, E. E. Poydin
Altai State Technical University, Barnaul, Russia

The technology of obtaining long-length billets of non-ferrous metals by the method of continuous casting directly from the melt is considered. The optimal rate of extraction of the rod from the melt and its cooling rate are established.

Ключевые слова: non-ferrous metals, brass, copper, crystallization, melt, drawing speed, hardness, structure

Современное состояние цветметаллообработки в России характеризуется ростом числа заказов малых объемов продукции. В этих условиях необходимо использование иных технологических схем, основанных на энерго – и ресурсосбережении, а также универсальности, обеспечивающей экономически оправданный выпуск разнородной продукции. В ряде случаев одним из альтернативных решений этой проблемы является получение длинномерных заготовок методом непрерывного литья непосредственно из расплава имеющих сечение близкое к конечному изделию. Подобную продукцию изготавливают заводы по традиционным технологическим схемам, включающим литье слитков, многостадийную обработку давлением и вспомогательные операции. Рентабельность указанной продукции возможна при значительных объемах производства. В связи с этим изучение закономерностей процессов, протекающих при непрерывно-пошаговом горизонтальном вытягивании заготовок из расплава на основе медных сплавов, является актуальным.

Промышленные отходы цветных металлов перед загрузкой в индукционную печь нагреваются в ковше газовой горелкой до 800 °С. Охлаждение металла при литье в ложницу и его вытягивание из расплава при непрерывной разливке в процессе кристаллизации выполнялось с подачей воды и температурой на входе 26 °С под давлением 1,6 – 1,9 атм. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вытяжка прутка латуни ЛС59 – 1

Скорость вытяжки прутка диаметром 30 мм составляла: № 1 – 50 – 70 мм/мин; № 2 – 70 – 110 мм/мин; № 3 – 120 мм/мин. Структура литого металла мелкозернистая, однородная по сечению состоит из α - фазы (светлой и пластичной) и β -фазы (темной и извилистой) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структура литой латуни, х 100

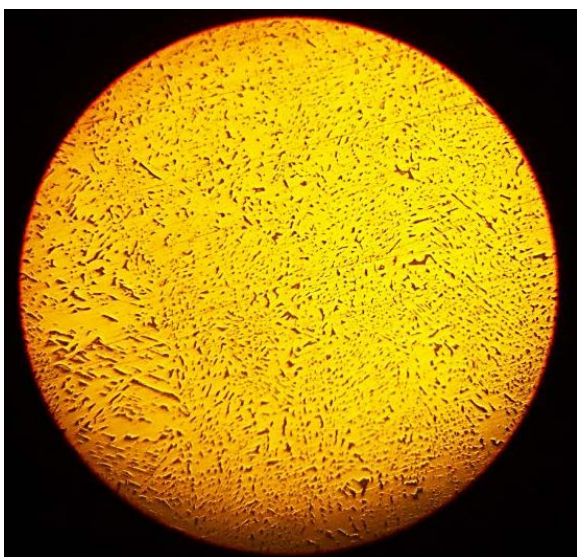


Рисунок 3 – Структура латуни после рекристаллизационного отжига, 500 °С

Временное сопротивление на разрыв составило 300 – 350 МПа. Относительное удлинение – 40 %. Химический состав латуни: 59,65 % Cu; 39,13 % Zn. Твердость литой латуни с увеличением скорости вытяжки прутка снижалась от 68,8 до 59,5 НВ без видимого изменения структуры.

После рекристаллизационного отжига при температуре 600 °С, 1,5 часа твердость понизилась до 47,5 НВ при охлаждении на воздухе. Установлено, что при медленном (с

печью) охлаждении твердость повышается на 10 НВ.

Получение однородной структуры (α -фаза) после рекристаллизационного отжига 550 – 600 °С, в которой доля эвтектических включений минимальна, а сами включения имеют ячеистую или глобулярную форму, обеспечивает повышение пластичности и благоприятна для холодной пластической деформации при твердости 43 – 50 НВ (рисунок 3).

В сплавах, содержащих от 39 до 50 % Zn, образуется β -фаза. Она представляет собой электронное соединение CuZn. При высоких температурах β -фаза имеет неупорядоченное расположение атомов и широкую область гомогенности. В этом состоянии β -фаза пластична. При понижении температуры до 453 – 470 °С расположение атомов меди и цинка в этой фазе становится упорядоченным и она обозначается β . В отличие от β -фазы β -фаза является твердой и хрупкой. С увеличением содержания цинка в области β -фазы возрастают прочность, твердость и пластичность латуни. При появлении β -фазы пластичность резко падает, а временное сопротивление возрастает, достигая максимального значения при 45 % Zn. В области β -фазы сильно уменьшается и прочность латуней. Поэтому латуни, содержащие более 42 % Zn, как правило, не применяют.

Для снятия остаточных напряжений изделий из латуни при выборе производственного режима отжига следует прибегать к натурным испытаниям, т. к. каждая конкретная деталь характеризуется своим распределением остаточных напряжений до и после отжига.

Скорость нагрева и, особенно, охлаждения при отжиге должны быть небольшими, чтобы не возникли новые внутренние термические напряжения.

Чем выше уровень исходных напряжений и скорость охлаждения, тем быстрее (в первый период нагрева) происходит их разрядка и тем больше опасность коробления. Следует учесть, что небольшие скорости нагрева и охлаждения назначаются для изделий сложной формы для предупреждения поводов и деформаций.

Кроме того, латунь в наклепанном состоянии или с высокими остаточными напряжениями и содержанием свыше 20 % Zn склонна к коррозионному растрескиванию в присутствии влаги, кислорода и аммиака – «сезонная болезнь». Для ее предотвращения выполняют отжиг (250 – 650 °С) [1]. При бо-

лее высоких температурах отжига резко падают и пластичность и прочность, что вызвано пережогом – межкристаллитным окислением [2]. При низкотемпературном отжиге (до начала рекристаллизации) значительно повышается твердость, предел прочности и особенно предела текучести и упругости. У каждого материала имеется своя оптимальная температура отжига, при котором упрочнение максимально [3]. Например, в сплаве (Cu + 32 % Zn) после деформации $\varepsilon = 60\%$ и отжига 200°C , прочность возрастает на 100% ($t_p = 250^{\circ}\text{C}$).

Природа упрочнения при докристаллизационном отжиге различна в разных сплавах. Наиболее общей причиной упрочнения является закрепление подвижных дислокаций в исходном холоднодеформированном металле и в дислокационных стенках, возникших во время отжига.

При этом предел упругости возрастает значительно сильнее, чем твердость (технология применяется для упрочнения пружин и мембран).

Пруток меди диаметром 39 мм также получен методом непрерывного горизонтального литья. Исследование микроструктуры показали ее соответствие крупнозернистой стандартной литой меди с вкраплениями кислорода и твердостью 56 НВ (рисунок 4).

Прочность и твердость меди можно значительно повысить холодной пластической деформацией. После протягивания через фильеру с $\varnothing 39$ на $\varnothing 38$ и с $\varnothing 38$ на $\varnothing 37$ мм твердость повысилась до 62 НВ. При этом микроструктура заметно измельчается (рисунок 5).

Однако, наибольшую твердость (69 НВ) литая медь приобретает после отжига 550°C и холодной пластической деформации при волочении с диаметра 39 на диаметр 37 мм за один проход. При деформировании меди наблюдается раздробление и удлинение отдельных зерен и создается их определенная ориентация. Металл принимает волокнистую структуру (рисунок 6).

Нагрев деформированной меди сопровождается рекристаллизацией, в результате чего создается качественно новая структура (уменьшение размеров зерен). Размер зерна рекристаллизованной меди оказывает заметное влияние на ее механические свойства. Чрезмерное повышение температуры отжига приводит к сильному росту зерна и резкому падению прочности меди. Это явление в практике называют пережогом.



Рисунок 4 – Микроструктура медного литого прутка, x100

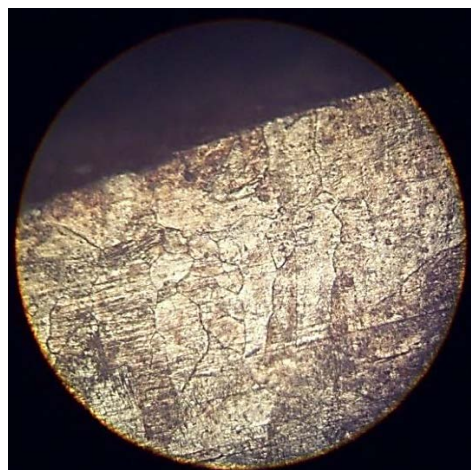


Рисунок 5 – Микроструктура медного прутка, тянутая с $\varnothing 39 - 37$, после отжига 250°C , 62 НВ, x100

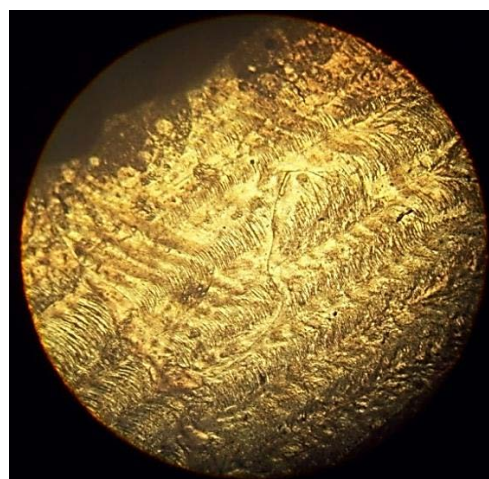


Рисунок 6 – Волокнистая микроструктура медного прутка, x100

ВЫВОДЫ

Влияние скорости вытяжки прутков на твердость литой латуни незначительно. Тем не менее следует признать возможность получения однородной литой структуры (без дендритной направленности) при скорости вытяжки 50 – 110 мм/мин и замедленном охлаждении на спокойном воздухе, которая позволяет выполнить холодную пластическую деформацию без дополнительного смягчающего отжига, который можно заменить последующим нагревом (850 °С) под штамповку.

Однако, если прутки не предназначены для горячей обработки давлением в десятидневный срок, то следует выполнить отжиг от 250 до 600 °С с целью предотвращения сезонной болезни – растрескивания.

Список литературы

1. Мальцев, М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / М.В. Мальцев – М.: Металлургия, 1970. – 364 с.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для машиностроительных специальностей вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1990. – 527 с.
3. Адашкин, А.М. Материаловедение в машиностроении / А.М. Адашкин [и др.]. – М.: Юрайт, 2012. – 533 с.

Околович Геннадий Андреевич – д.т.н., профессор
Марширов Игорь Викторович – к.т.н., доцент
Костик Ирина Владимировна – магистрант
Пойдин Евгений Евгеньевич – магистрант

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»
(АлтГТУ), г. Барнаул, Россия