

Анализ обрабатываемости латуней при изготовлении деталей

Применяемый материал:

- **CW617N (CuZn40Pb2)** – стандарт DIN 17660, EN 12164:1998 аналог ЛС59-2 ГОСТ 15527-2004 – латунь свинцовая (автоматная), многокомпонентная, обрабатываемая давлением, используется для изготовления полукорпусов, коннекторов.

- **CW614N (CuZn39Pb3)** – аналог ЛС58-3 ГОСТ 15527-2004 - латунь свинцовая (автоматная), многокомпонентная, обладает хорошими антикоррозионными свойствами, используется для изготовления шаров, штоков, гайки сальников.

Таблица 1 – Химический состав латуней, %

Марка	Cu, медь	Pb, свинец	Fe, железо	Sn, олово	Ni, никель	Al, алюминий	Si, кремний	Mn, марганец	Sb, сурьма	Bi, висмут	P, фосфор	Zn, цинк	Сумма прочих элементов	Плотность г/см ³
CW617N	57-59	1,5-2,5	0-0,3	0-0,3	0-0,3	0-0,05	0-0,2	0-0,4	-	-	-	остальное	0-0,2	8,430
ЛС59-2	57-59	1,5-2,5	0-0,4	0-0,3	0-0,4	0-0,1	-	-	0-0,01	0-0,003	0-0,02	остальное	0-0,2	8,400
CW614N	57-59	2,5-3,5	0-0,3	0-0,3	0-0,3	0-0,05	-	-	-	-	-	остальное	0-0,2	8,460
ЛС58-3	57-59	2,5-3,5	0-0,5	0-0,4	0-0,5	0-0,1	-	-	-	-	-	остальное	0-0,2	8,450

Твердость по Бринеллю, не более: CW617N – 105...151НВ, CW614N – 85...135НВ. Отлично обрабатывается резанием с образованием сыпучей стружки, деформируемость в холодном состоянии – ограниченная. Оптимальный диапазон ковочных температур 700...760°C. Сплав поставляется в состоянии непосредственно после прокатки, без предварительной термообработки. ЛС59-2 и ЛС58-3 мягкий прутки – 80НВ, твердый прутки – 130НВ согласно ГОСТ 2060-2006 „Прутки латунные. Технические условия,,.

Согласно ГОСТ 31366-2008 или ГОСТ Р 52597-2006 „Прутки латунные для обработки резанием на автоматах. Технические условия,, имеют **состояние прутка:**

- мягкий – М, 80НВ
- полутвердый - ПТ, 100НВ
- твердый - Т, 130НВ
- без указанных механических свойств – К (ГОСТ 2060-2006).

Прокат выпускают в мягком (отожжённом), полутвердом (обжатие 10-30%), твердом (обжатие 30-50%) и особо твёрдом (обжатие более 60%) состоянии.

Латуни содержащие цинка менее 39%, имеют **однофазную** структуру (α-фаза) твердого раствора цинка в меди. Их называют α-латунями. Если в расплав ввести больше цинка, то он не сможет полностью раствориться в меди, и после затвердевания возникнет вторая фаза (α-β-фаза). **α-β-фаза очень хрупка и тверда, поэтому двухфазные латуни имеют более высокую прочность, твёрдость и меньшую пластичность, чем однофазные.**

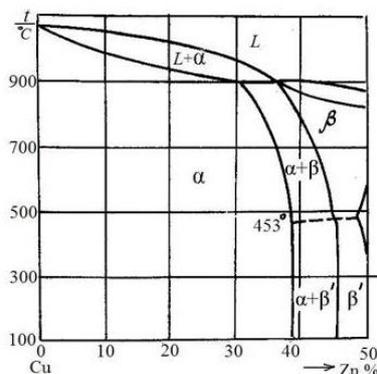


Рисунок 1 - Диаграмма состояния Cu - Zn

Двухфазные α + β' - латуни, содержащие цинк от 39 до 45 %, используются для изготовления деталей из отливок обработкой резанием или деформированием при температуре выше 500°C, так как эти латуни имеют низкую пластичность в холодном состоянии (рис. 2).

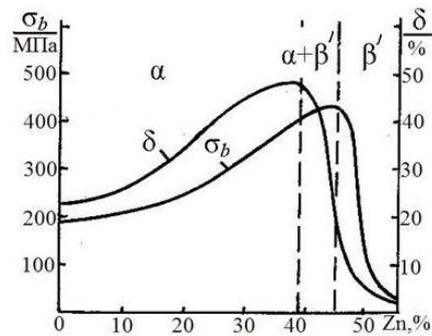


Рисунок 2 - Влияние цинка на механические свойства латуни

Из двухфазных $\alpha + \beta'$ - латуней изготавливают **прутки** из которых последующей механической обработкой получают детали. Прочность увеличивается до содержания цинка около 45 %, а затем уменьшается так же резко, как и пластичность. При содержании цинка более 45% в латуни присутствует только β' - твердый раствор, достигая максимальной прочности ($\sigma_b = 420$ МПа), но практического применения не находят ввиду очень низкой пластичности ($\delta = 7$ %).

Однофазные латуни деформируются при низких и при высоких температурах. Однако в интервале 300...700°C существует зона хрупкости, поэтому при таких температурах латуни не деформируют. Двухфазные латуни пластичны при нагреве выше температуры β - превращения, особенно выше 700 °С, когда их структура становится однофазной.

Латунь с содержанием цинка до 38% хорошо обрабатывается давлением - штамповкой. Латунь с содержанием цинка свыше 38% обладает более высокой прочностью и твердостью, их в основном обрабатывают резанием.

Двухфазные $\alpha + \beta$ -латуни обрабатываются в горячем состоянии лучше однофазных благодаря наличию высокопластичной при повышенных температурах β -фазы и менее чувствительны к примесям. Однако они чувствительны к температурно-скоростным режимам охлаждения. *По этой причине в горячепрессованных полуфабрикатах часто наблюдается неоднородная структура. Например, передний конец прутка (или трубы) имеет преимущественно мелкую игольчатую структуру и высокие механические свойства, у заднего конца прутка в результате захлаживания структура зернистая и пониженные механические свойства. Свинцовые латуни применяемые для обработки на токарных автоматах - двухфазные, с высоким содержанием свинца ЛС58-3 (с высоким содержанием β -фазы). Содержание свинца от 1 до 3%.*

Коррозия латуни

Латуни, кроме общей коррозии, подвержены также особым видам коррозии: обесцинкованию и "сезонному" растрескиванию. Латунь, содержащая более 20% цинка, склонна к растрескиванию при вылеживании во влажной атмосфере. Этот эффект часто называют «сезонное растрескивание», наиболее заметен он в деформированных изделиях, поскольку коррозия распространяется по границам зерен.

Обесцинкование - особая форма коррозии, при которой растворяется твердый раствор цинка в меди и в катодных местах электрохимически осаждается медь. Продукты коррозии цинка могут отводиться или задерживаться в виде оксидной пленки. Раствор, в котором латунь подвергается обесцинкованию, обычно содержит больше цинка, чем меди. В результате обесцинкования латуни становятся пористыми, на поверхности появляются красноватые пятна, ухудшаются механические свойства. Процесс обесцинкования усиливается с увеличением содержания цинка, а также с повышением температуры и аэрации. *В двухфазных латунях процесс обесцинкования заметно усиливается и может происходить даже в водных средах.* Наиболее уязвимой является β -фаза.

Латунь которая потеряла цинк по структуре становится похожей на пенопласт, пористой, промежутки между зёрнами меди заполнены оксидами, поэтому связь между частицами меди слабая и латунь крошится.

Оксиды различных элементов ухудшают обрабатываемость свинцовых латуней резанием, поэтому при их плавке и литье необходим тщательный контроль за их содержанием. Из элементов-примесей наиболее отрицательное влияние на обрабатываемость резанием оказывает железо,

поэтому на его содержание установлены особые ограничения. Литье осуществляется двумя способами: в изложницы и полунепрерывным (непрерывным) способом. Для достижения стабильности химического состава предпочтительно отливать свинцовые латуни непрерывным (полунепрерывным) способом.

Влияние химического состава на обрабатываемость резанием и давлением свинцовых латуней

Для повышения механических свойств и химической стойкости латуней в них вводят легирующие элементы: алюминий (Al), никель (Ni), марганец (Mn), кремний (Si) и т. д.

Особенно стоит отметить никелированную латунь, которую из-за цвета называют белой. Поверхность изделий из таких сплавов за счет содержания в их составе никеля не подвержена растрескиванию даже при эксплуатации в условиях повышенной влажности.

С увеличением содержания легирующих элементов могут возникать дополнительные твердые и хрупкие фазы.

Самыми распространенными являются свинцовые латуни. Их главное свойство – отличная обрабатываемость резанием. Это проявляется в возможности скоростной обработки заготовок с малым износом инструмента. При этом образуется мелкая сыпучая стружка, что определяет чистоту обрабатываемой поверхности и минимальный наклеп при резании. Их отрицательной стороной является низкая ударная вязкость, низкая прочность на изгиб при наличии надреза. Свинец практически не растворяется в меди. Он выделяется в виде дисперсных частиц в объеме и по границам зерен. Частицы свинца создают ломкость стружки (стружка надлома) при механической обработке.

На то, какими механическими свойствами обладает латунь той или иной марки, значительное влияние оказывает содержание цинка в ее химическом составе. Так, если содержание данного химического элемента составляет до 30%, то одновременно повышаются как прочность, так и пластичность сплава. Дальнейшее повышение содержания цинка приводит к тому, что латунь становится менее пластичной (усложнение α -фазы), а затем и более хрупкой (формирование в структуре латуни β' -фазы). Прочность латуни увеличивается до того момента, пока цинка в ее составе не будет 45%, с дальнейшим увеличением количества данного элемента латунь становится и менее прочной, и менее пластичной.

Свинец в сплавах $\alpha + \beta$ выполняет двойную роль: с одной стороны он используется в качестве фазы, способствующей измельчению стружки, с другой – как смазка, снижающая коэффициент трения при обработке резанием. Эффективность добавок свинца определяется его количеством и структурой сплава, величиной и характером распределения частиц свинца, величиной зерна α -фазы, количеством и распределением β -фазы.

Свинец не оказывает влияния на температуру и процесс кристаллизации медно-цинковых сплавов, он затвердевает при 326°C и в случае выделения по границам зерен (фаз) ухудшает деформируемость в горячем состоянии двухфазных сплавов.

При горячей штамповке свинцовых латуней, содержащих 56-60% Cu (ЛС59-2), склонность к образованию трещин определяется главным образом температурой деформации. Оптимальный интервал температур, при котором не образуются трещины, довольно узок и находится в области температур, составляющих линии на диаграмме состояния Cu-Zn, разграничивающих двухфазную $\alpha + \beta$ и однофазную β -область.

Содержание свинца, а также легкоплавких примесей (висмута, сурьмы и других) не оказывает влияния на склонность к образованию трещин при горячей штамповке двухфазных свинцовистых латуней ($\alpha + \beta$).

Особо благоприятное влияние на повышение механических свойств и улучшение коррозионной стойкости оказывает железо в сочетании с марганцем, никелем и алюминием.

Сурьма и **сера** сильно ухудшают качество латуней. Примеси сурьмы вызывают разрушение латуней при обработке давлением, как в горячем, так и в холодном состоянии. Под влиянием сурьмы увеличивается склонность латуней к коррозионному растрескиванию. При содержании в латунях

свыше 0,5 % As они в значительной мере теряют свою пластичность за счет образования на границах зерен хрупких прослоек химического соединения. Вместе с тем содержание мышьяка до 0,02% предохраняет латуни от обесцинкования, что повышает их коррозионную стойкость. Небольшие количества фосфора повышают механические свойства латуней и способствуют измельчению зерна в литье. При повышенном содержании фосфора он выделяется в виде отдельной составляющей с температурой плавления около 700°C, увеличивая твердость и снижая пластичность латуней.

Цвет латуни зависит от содержания цинка (максимум 45%): в случае большого количества – оранжево-желтый, в случае меньшего количества – похож на натуральный цвет меди.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- Использовать при изготовлении шаров, штоков, гайки сальников (обработка резанием) **двухфазные** $\alpha + \beta'$ - латуни, содержащие цинка от 39 до 45 %, с **более высокой прочностью, твёрдостью и меньшей пластичностью**, свинцовые (автоматные) аналог латуни ЛС58-3 ГОСТ 15527-2004 с содержанием свинца 2,5...3,5%, для измельчения и дробления стружки (сыпучая стружка) и снижения коэффициента трения, возможности скоростной обработки заготовок с малым износом инструмента, достижения чистоты обрабатываемой поверхности и минимального наклепа при резании;

- Состояние прутка должно быть: твердый, 130НВ;

- На то, какими механическими свойствами обладает латунь, значительное влияние оказывает содержание цинка в ее химическом составе;

- Эффективность добавок свинца определяется его количеством и структурой сплава, величиной и характером распределения частиц свинца, величиной зерна α -фазы, количеством и распределением β -фазы;

- Контроль в двухфазных латунях процесса обесцинкования (латунь которая потеряла цинк начинает крошиться);

- При горячей штамповке свинцовых латуней, содержащих 56-60% Cu (ЛС59-2), склонность к образованию трещин определяется главным образом температурой деформации. Оптимальный интервал температур, при котором не образуются трещины, довольно узок и находится в области температур, составляющих линии на диаграмме состояния Cu-Zn, разграничивающих двухфазную $\alpha+\beta$ и однофазную β -области;

- Латунь с содержанием цинка до 38% хорошо обрабатывается давлением – штамповкой;

- *Цвет латуни зависит от содержания цинка (максимум 45%): в случае большого количества – оранжево-желтый, в случае меньшего количества – похож на натуральный цвет меди;*

- Оксиды различных элементов ухудшают обрабатываемость свинцовых латуней резанием, поэтому необходим тщательный контроль за их содержанием (входной контроль). Из элементов-примесей наиболее отрицательное влияние на обрабатываемость резанием оказывает железо;

- Использовать при изготовлении полукорпусов, коннекторов (обработка давлением - штамповка) **двухфазные** $\alpha + \beta'$ - латуни, содержащие цинка от 39 до 45 %, свинцовые (автоматные) аналог латуни ЛС59-2 ГОСТ 15527-2004 с содержанием свинца 1,5...2,5%;

- Двухфазные латуни пластичны при нагреве выше температуры β - превращения, особенно выше 700°C, когда их структура становится однофазной. Двухфазные $\alpha+\beta$ -латуни обрабатываются в горячем состоянии лучше однофазных благодаря наличию высокопластичной при повышенных температурах β -фазы и менее чувствительны к примесям. Однако они чувствительны к температурно-скоростным режимам охлаждения;

- Содержание свинца, а также легкоплавких примесей (висмута, сурьмы и других) не оказывает влияния на склонность к образованию трещин при горячей штамповке двухфазных свинцовистых латуней ($\alpha+\beta$);

- Увеличение содержания свинца в латуни усложняет гальваническую обработку поверхности изделий;

- Кремний улучшает жидкотекучесть и способность к деформации латуни. Превышение содержания его уменьшает плотность, прочность и твердость;

- Контроль содержания олова, т.к. увеличение его содержания понижает пластичность латуней и может вызвать растрескивание при нагревании, если содержание железа > 0,05%.