

**Исследование причины возникновения пятен на поверхности  
отливок из сплава ЛЦ40Сд получаемых литьем под давлением**

Студенты гр. ТЛ-181 Рабцевич Н.С., Карпович И.В.

Научный руководитель Пивоварчик Е.В.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы  
г. Гродно

При литье под давлением медно-цинкового сплава марки ЛЦ40С<sub>д</sub> на теле отливок в период хранения продукции на складе появляются пятна. Одной из причин появления пятен может быть неоднородность химического состава (ликвация). На рисунке 1 показан внешний вид поверхности различных отливок из латуни марки ЛЦ40С<sub>д</sub> пораженной пятнами.

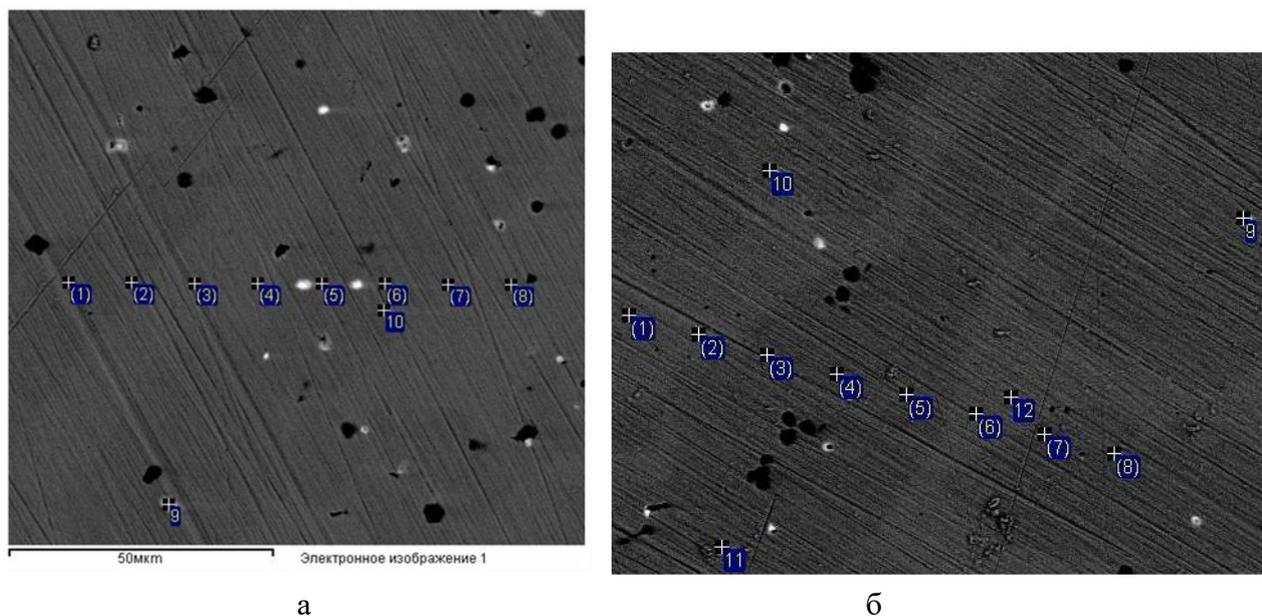


Рисунок 1 – Внешний вид поверхности отливок из сплава марки ЛЦ40С<sub>д</sub> пораженной пятнами

В производственных условиях УП «Цветлит» подготовка расплава после его отбора из плавильного агрегата проводится в раздаточной печи путем добавления в расплав новых чушек, массой по 24 кг в количестве 5–6 штук. Ввиду различной плотности расплава по объему плавильного агрегата и длительного времени выдержки расплава перед его заливкой в полость пресс-формы возможно образование ликвации по химическому составу выплавляемого сплава. При этом следует также отметить, что перемешивание расплава в плавильной печи перед заливкой жидкого металла в полость пресс-формы не производилась. Можно предположить, что более тяжелые по плотности компоненты, входящие в состав шихты и образующиеся химические соединения, способны накапливаться в поде тигля.

С целью подтверждения либо опровержения выдвинутого предположения была проведена серия экспериментов, которая заключалась в отборе 2-х проб расплава по мере уменьшения объема жидкого металла в плавильном агрегате, вследствие его отбора из плавильного агрегата. Пробы отбирались с поверхности расплава и со дна тигля. Изучение микроструктуры полученного сплава проводили на оптическом микроскопе Leica DM 2500P (Германия) с использованием предварительно подготовленных шлифов, вырезанных из тела изготовленной отливки. Вырезанный из тела отливки образец устанавливали в специальную оправу и заливали эпоксидной смолой для более качественного изготовления шлифа. Шлифы изготавливали на однодисковом шлифовально-полировальном станке модели 1V (Grinder-polisher). В качестве травителя выступала азотная кислота в соотношении с дистиллированной водой 1:1. Использование азотной кислоты травителя позволяет уменьшить следы от шлифовальной шкурки.

На рисунке 2 показано расположение характерных точек для проведения химико-структурного анализа образцов из сплава ЛЦ40Сд отобранных с поверхности расплава и дна тигля.



а – отобранного с поверхности расплава; б – отобранного со дна тигля  
 Рисунок 2 – Расположение характерных точек для проведения химико-структурного анализа образца из сплава ЛЦ40Сд отобранного с поверхности расплава и со дна тигля

Результаты исследований элементного состава сплава ЛЦ40Сд при отборе пробы с поверхности расплава и дна тигля представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Элементный состав сплава ЛЦ40Сд отобранного с поверхности расплава

Контрольная точка	Al	Si	Ti	Fe	Ni	Cu	Zn	Sn	Pb	Итого
1	0,16	0,15	–	0,24	0,37	64,49	34,58	–	–	100
2	0,21	0,16	–	0,16	0,45	62,57	36,46	–	–	100
3	0,27	0,36	–	0,36	0,12	55,80	41,53	1,56	–	100
4	0,30	0,20	0,16	0,04	0,23	54,55	43,17	1,36	–	100
5	0,28	0,00	–	0,11	0,52	64,47	34,62	–	–	100
6	0,37	0,33	–	0,21	0,51	64,96	33,62	–	–	100
7	0,34	0,13	–	–	0,37	61,22	37,94	–	–	100
8	0,30	0,29	–	0,04	0,45	56,83	41,10	0,99	–	100
9	0,27	0,11	–	0,07	0,08	19,34	10,21	–	69,91	100
10	0,21	0,35	–	0,43	0,03	25,97	14,20	–	58,80	100
Макс.	0,37	0,36	0,16	0,43	0,52	64,96	43,17	1,56	69,91	–
Мин.	0,16	0,00	0,16	0,07	0,03	19,34	10,21	0,99	58,80	–

Таблица 2 – Элементный состав сплава ЛЦ40Сд отобранного со дна тигля

Контрольная точка	Al	Si	Fe	Ni	Cu	Zn	Sn	Pb	Итого
1	0,21	0,09	–	0,40	56,03	42,47	0,79	–	100
2	0,32	–	0,16	0,46	55,74	42,13	1,02	0,16	100
3	0,24	0,10	0,13	0,29	64,37	34,88	–	–	100
4	0,37	–	0,20	0,50	64,09	34,84	–	–	100
5	0,27	0,00	–	–	64,55	35,18	–	–	100
6	0,47	–	0,18	0,18	55,73	42,51	0,93	–	100
7	0,03	0,16	0,27	0,45	63,08	36,01	–	–	100

8	0,17	0,01	0,17	0,34	64,19	35,13	–	–	100
9	0,09	0,27	0,20	0,23	33,13	18,18	–	47,89	100
10	0,32	0,05	0,07	0,29	48,12	27,34	–	23,96	100
11	0,20	0,03	0,36	0,03	41,68	21,78	–	35,91	100
Макс.	0,47	0,27	0,36	0,50	64,55	42,51	1,02	47,89	–
Мин.	0,03	0,00	0,07	0,03	33,13	18,18	0,79	0,16	–

Авторы работ [1–4], что концентрация меди в фазе  $\beta$  при различных температурах кристаллизации может варьироваться в пределах от 63,0 до 56,5 %. Фаза  $\beta'$  образуется вследствие протекания процессов упорядочения кристаллической решетки твердого раствора  $\beta$  при температуре ниже 454 °С. Из диаграммы состояния Cu–Zn видно, что концентрация Zn в кристаллах  $\alpha$ -фазы с понижением температуры может повышаться. Следует отметить, что при резком охлаждении расплава в полости пресс-формы происходит насильственное задержание в структуре сплава частично или полностью  $\beta$ -фазы, которая в результате окажется перенасыщенной медью. Перенасыщенные медью кристаллы  $\beta$ -фазы будут стремиться освободиться от избыточных атомов меди. Избыточные атомы меди, выделяясь из перенасыщенного раствора, в ассоциации с атомами цинка будут образовывать более богатые медью кристаллы  $\alpha$ -фазы, что приводит к появлению в поверхностном слое отливки зон с образующейся зональной ликвацией с высоким содержанием меди. Данный процесс может протекать при содержании цинка в выплавляемом сплаве более 38 % и резком охлаждении заливаемого жидкого металла до температур 723–733 К.

Исследование химического состава в контрольных точках 1–10 сплава показало, что содержание Zn в выплавляемом сплаве может достигать значений 42,51 % и 43,17 % (таблица 1 и 2), а, следовательно, становится возможным образование при кристаллизации в расплаве перенасыщенных и обогащенных медью кристаллов  $\alpha$ -фазы, что приводит с течением времени к появлению пятен на поверхности отливок.

### Список использованных источников

1. Гуляев, А.П. *Металловедение: Учебн. для вузов / А.П. Гуляев; 6-е испр., перераб. и доп.* – М.: Металлургия, 1986. – С. 513–516.
2. *Металловедение: учебн. для студ. высш. учебн. заведений, обучающихся по направлению «Металлургия»: в 2 т. Т. 1.* / И. И. Новиков [и др.]; под общ. ред. В. С. Золоторевского. – М.: МИСиС, 2009. – 496 с.
3. *Металловедение: учебн. для студ. высш. учебн. заведений, обучающихся по направлению «Металлургия»: в 2 т. Т. 2* / И. И. Новиков [и др.]; под общ. ред. В. С. Золоторевского. – 2-е изд., испр. – М.: МИСиС, 2014. – 528 с.
4. Ефремов, Б.Н. *Латуни. От фазового строения к структуре и свойствам: Монография / Б.Н. Ефремов.* – М.: ИНФРА, 2014. – 314 с.