

© Н.Б. Пугачева, 2012 г.
Учреждение РАН Институт машиноведения УрО РАН
г. Екатеринбург,
© А.С. Овчинников, А.В. Лебедь, 2012 г.
ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов»
г. Ревда
nat@imach.uran.ru

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРЕССОВАННОЙ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ЛАТУНИ ЛМцАЖН НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКЕ

В настоящее время во многих отраслях промышленности, в частности, в автомобилестроении, судостроении, машиностроении широко применяются латуни специального назначения. Эти сплавы, помимо меди и цинка, могут содержать в своем составе такие элементы, как кремний, марганец, железо, алюминий, никель, свинец и ряд других. За счет достаточно большой степени легирования в латунях формируется многофазная структура, обеспечивающая необходимый уровень не только механических, но и специальных свойств, к которым относятся: износостойкость, коррозионностойкость, кавитационностойкость и т.д. Из таких сплавов изготавливают опорные пяты, сферические и плунжерные втулки, роторные диски и другие детали, определяющие технические характеристики, ресурс и надежность трансмиссии сельскохозяйственных машин. Из кремнемарганцевых латуней делают кольца синхронизаторов коробок переключения передач легковых автомобилей ГАЗ, ВАЗ, ЗАЗ.

Типичным представителем таких латуней является сплав ЛМцАЖН 59-3,5-2,5-0,5-0,4. Технология изготовления колец включает получение прессованных труб (на ОАО «РЗ ОЦМ»), которые являются заготовкой, затем галтовку, обточку колец по внутренней поверхности, обезжиривание, горячую штамповку, обрубку облоя, прозвонку, термообработку. Существенным недостатком сплава является склонность к растрескиванию. Для выявления изделий с трещинами на автомобильном заводе введена операция стопроцентной разбраковки путем ручной прозвонки. Поиск путей предотвращения растрескивания является в настоящее время весьма актуальной задачей, особенно с практической точки зрения. Целью настоящей работы было выяснение возможных причин разрушения заготовок колец при горячей штамповке.

Для исследования на ОАО «АВТОВАЗ» были отобраны образцы, замаркированные следующим образом: К-1 – кольцо с исходной трещиной по центру канавки зуба на наружной поверхности детали, К-2 – кольцо, которое была забраковано по результатам «прозвона» и К-3 – годное кольцо, допущенное в розничную продажу. Для определения характера

разрушения и возможных его причин были проведены макро- и микрофрактографические исследования (растровый электронный микроскоп TESCAN), а также идентификация микроструктуры (оптический микроскоп НЕОРНОТ-21).

При визуальном осмотре деталь К-1 имела явно выраженную сквозную трещину по центру канавки зуба на наружной поверхности. На расстоянии 15 мм от трещины с обеих сторон ножовочным полотном были проведены резы с целью раскрыть трещину и исследовать рельеф обеих поверхностей. Оценка характера разрушения детали была проведена по РД 50-672-88. При увеличении 64 крат. хорошо различимы зоны камневидного излома с грубозернистым строением и трещинами по границам зерен, характерный для перегретых сплавов или при распространении трещин по границам зерен, а также зоны волокнистого (вязкого) излома с матовой шероховатой поверхностью и признаками пластической деформации в виде утяжек (рис. 1). При увеличениях более 200 крат. на участках камневидного излома выявлены фасетки межзеренного разрушения и трещины по границам зерен. На поверхности фасеток чаще наблюдаются ямки в виде сотового рельефа, который характерен для перегретых сплавов. Хрупкое разрушение характеризуется наличием на поверхности не только фасеток межзеренного, но и фасеток внутризеренного разрушения с характерным ручьистым узором.

Характер рельефа поверхности трещины показывает, что она образовалась, скорее всего, в результате больших пластических деформаций при горячей штамповке. Об этом же свидетельствует большое количество микропор, которые объединяются в направлении максимально действующих напряжений с образованием микротрещин на участке волокнистого излома (рис. 1, нижний правый угол).

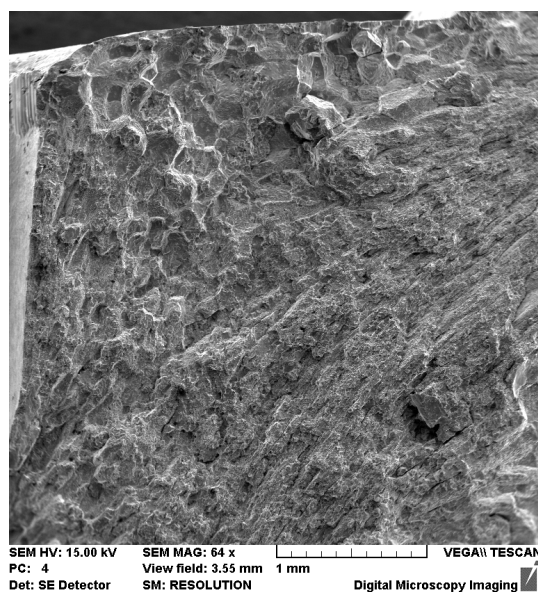


Рис. 1. Зоны камневидного (вверху слева) и волокнистого излома на поверхности раскрытой трещины образца К-1

Деталь К-2 была забракована на ОАО «АВТОВАЗ» по результатам «прозвона». Видимых трещин в ней не было обнаружено. Первоначально предполагалось провести анализ микроструктуры сплава этой детали, но при резке ножовочным полотном произошло мгновенное разрушение на противоположном от места резания участке по диаметру детали, что свидетельствует о высоком уровне остаточных напряжений в ней. По результатам исследования рельефа поверхности можно сказать, что он отличался от образца К-1 наличием зеркальных блестящих участков, характеризующих нафталинистый излом. Такой тип разрушения обычно характерен для перегретых деформированных сплавов, связан с внутризерненным хрупким разрушением по определенным плоскостям. В целом рельеф поверхности разрушения образца К-2 такой же, как и К-1. На фасетках межзеренного скола и квазискола в основном наблюдаются плоские поверхности (рис. 2). Причем на них хорошо видны частицы силицидов, рядом с которыми нет микротрещин, что свидетельствует об исключении охрупчивающего влияния силицидов в данном сплаве.

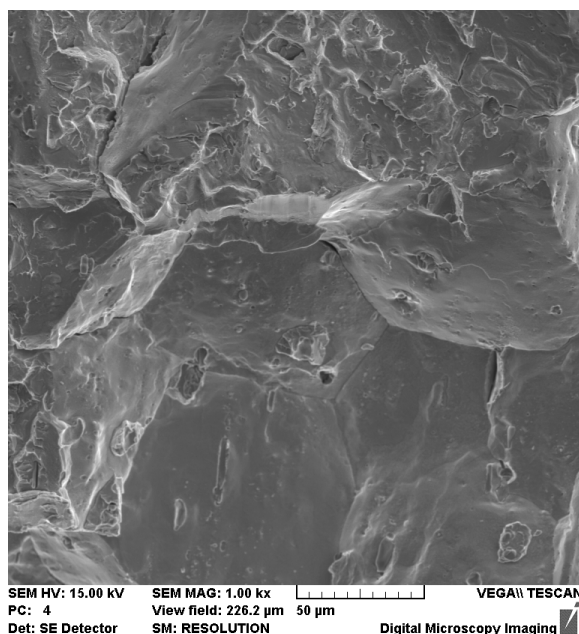
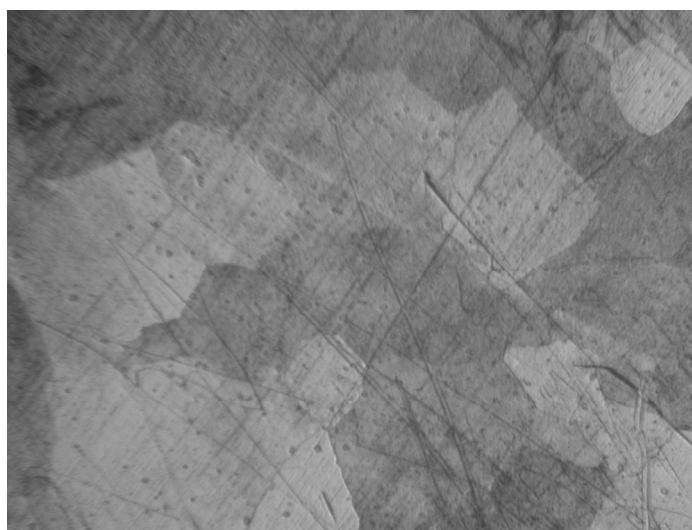


Рис. 2. Участок межзеренного квазискола на поверхности разрушения образца К-2 с частицами силицидов и трещинами по границам зерен

В сплаве деталей К-1 и К-2 α -фаза отсутствует (рисунок 3), что облегчает растрескивание по границам зерен под действием сформировавшихся при штамповке внутренних остаточных напряжений. По химическому составу сплавы деталей К-1 и К-2 полностью соответствует марочному составу латуни ЛМцАЖН 59-3,5-2,5-0,5-0,4. Содержание свинца – 0,16 мас.%, кремния – 0,15 мас.%, алюминия – 2,3 мас.%. При таком содержании кремния количество силицидов не должно быть чрезмерно большим: определено, что количество силицидов в сплаве

образца К-1 менее 3,5 об.%, а образца К-2 – менее 4,5 %. Алюминий в количестве 2,3 мас.% может стабилизировать β -фазу и препятствовать выделению при охлаждении из β -области α -твердого раствора.



×500

Рис. 3. Микроструктура сплава детали К-1 (поперечный шлиф)

По химическому составу сплав детали К-3 отличается меньшим содержанием алюминия (1 мас.%), большим содержанием кремния (0,6 мас.%) и большим содержанием свинца (2,6 мас.%). Эта деталь разрушена по механизму вязкого разрушения, в ней практически отсутствуют зернограницные трещины. Кроме того, вблизи поверхности паза зафиксированы сажистые и шлаковые включения, образующие сплошную цепочку, но которые не повлияли на прочность детали при штамповке.

Проведенные исследования показали, что причиной разрушения колец при штамповке является чрезмерно высокая температура нагрева перед операцией. Об этом свидетельствует камневидный излом с межзеренными трещинами, а также нафталинистый излом и чрезмерно высокие внутренние напряжения в кольцах.