

ПЛАСТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛИ 10X13H3MФБ

Н.В. Фокин

Работа посвящена определению деформационных свойств стали марки 10X13H3MФБ. Определено влияние температуры нагрева на качество поверхности металла после деформации. Проведена оценка уровня сопротивления деформации стали. Полученные в ходе исследования данные положены в основу разработки технологии производства горячепрессованных труб из указанной марки стали.

Ключевые слова: высокохромистые стали, Cr13, деформационная способность, анизотропия свойств.

С целью разработки рекомендаций по особенностям технологии пресования труб из стали марки 10X13H3MФБ и последующей разработке технологических режимов в условиях ТПЦ-2 АО «ВТЗ», для улучшения качества наружной поверхности труб и повышения выхода годного, были проведены испытания на горячую осадку образцов указанной стали. Это

позволило определить сопротивление стали марки 10X13H3MФБ горячей пластической деформации и оценить качество наружной поверхности, в том числе, в зависимости от места отбора образцов и направления их вырезки, чтобы сформулировать перечень рекомендаций по технологии прессыования труб из стали марки 10X13H3MФБ.

Исследования проводились на многофункциональном исследовательском комплексе «Gleeble 3800» [1].

От поперечных темплетов исходной заготовки диаметром 188 мм вырезались в продольном и поперечном сечениях планки металла, из которых изготавливались стандартные цилиндрические образцы размером $\text{Ø}10 \times 15$ мм. Схема вырезки образцов представлена на рис. 1.

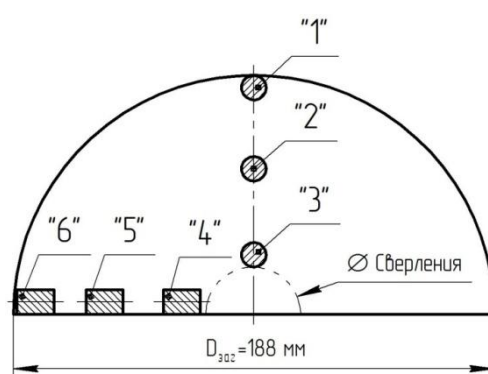


Рис. 1. Схема отбора образцов из темплета заготовки из стали 10X13H3MФБ (сверление Ø 40 мм)

При проведении исследований температура назначалась в диапазоне значений от 1060 до 1200 °С. Меньшее значение указанного температурного диапазона соответствует температуре заготовки при экспандировании, верхний уровень – при прессовании [2]. Скорость деформации устанавливалась равной $10,0 \text{ с}^{-1}$. Степень деформации в зависимости от технологии прессования находится в диапазоне от 2,90 до 3,00. Однако технологические возможности комплекса «Gleeble 3800» не обеспечивают получение данной величины степени деформации, поэтому при проведении исследований степень деформации назначалась максимальной – $\epsilon = 1,2$. Кривые течения металла в интервале значений степени деформации от 0 до 1,2 для всех шести образцов, отобранных согласно рис. 1, представлены на рис. 2.

Из представленных на рисунке кривых течения металла видно, что при всех температурах испытания: 1060, 1100 и 1140 °С наибольшее значение сопротивления деформации получается при деформировании образцов «1» отобранных из периферийной части заготовки.

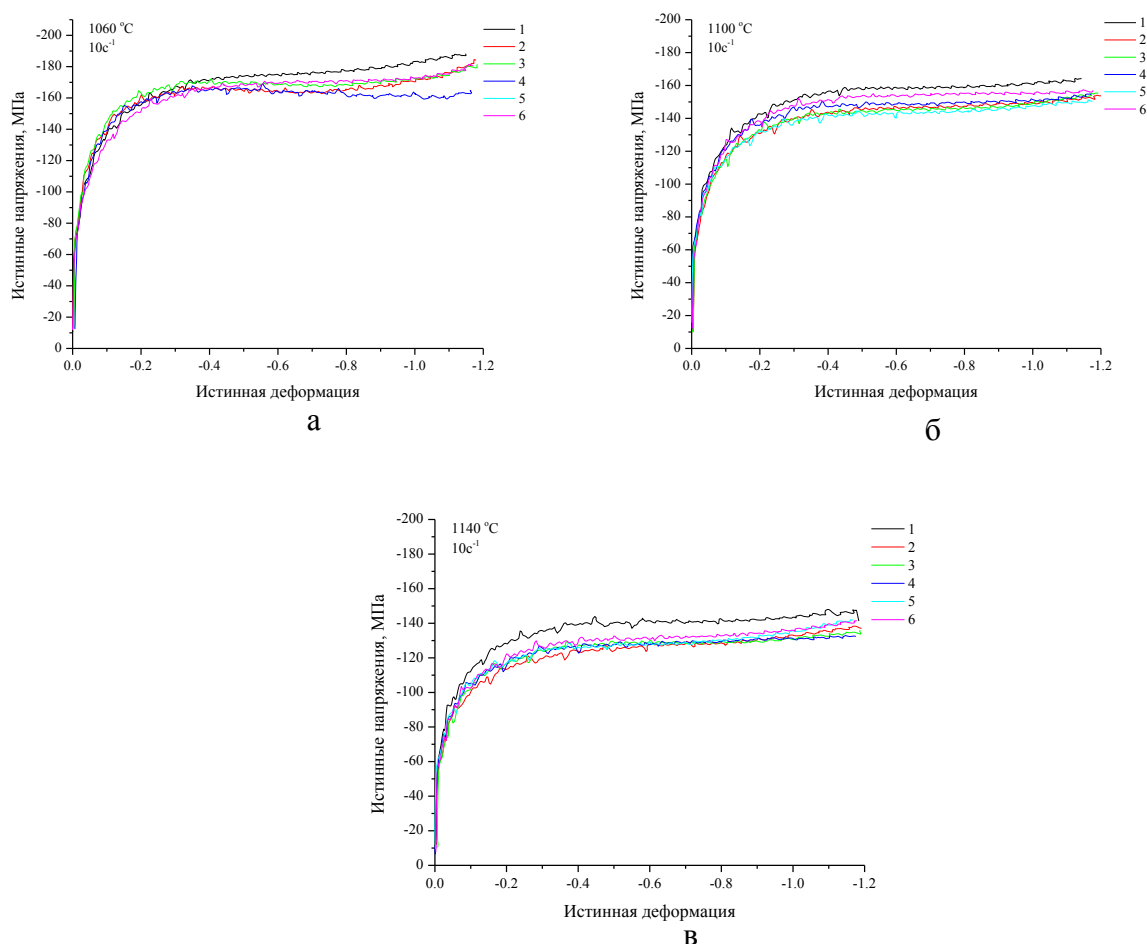


Рис. 2. Кривые течения металла в интервале истинных деформаций от 0 до 1,2 (трубная заготовка 188 мм) при температуре: а – 1060 °С; б – 1100 °С; в – 1140 °С

При этом следует отметить, что при температуре 1060 °С, соответствующей температуре экспандирования, на образцах «4» значение сопротивления деформации минимальное из всех, полученных при этой температуре, что вероятнее всего объясняется разрушением боковой поверхности образца, фотографическое изображение которого, в сравнение с образцом «1», представлено на рис. 3.

По результатам визуального осмотра качества боковой поверхности осевых образцов, можно сделать вывод, что образцы, отобранные в поперечном направлении, т.е. образцы «4–6», подвергнуты наиболее сильному разрушению, при прочих равных условиях, схожому по характеру с разрушением на поверхности образца «4». Кроме того, в образцах «2», фотографическое изображение которых представлено на рис. 4, характер разрушения так же схож с поперечными образцами.

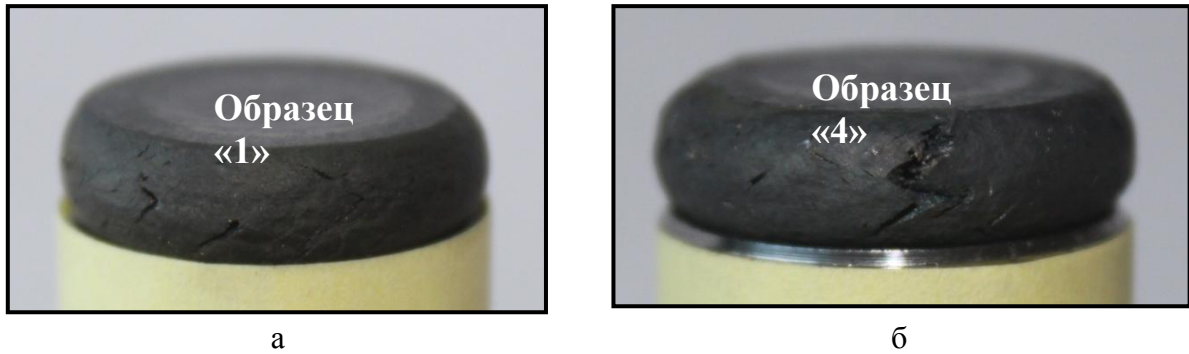


Рис. 3. Сравнение качества боковой поверхности образцов после деформирования при температуре 1060 °С:
а – образец «1»; б – образец «4»

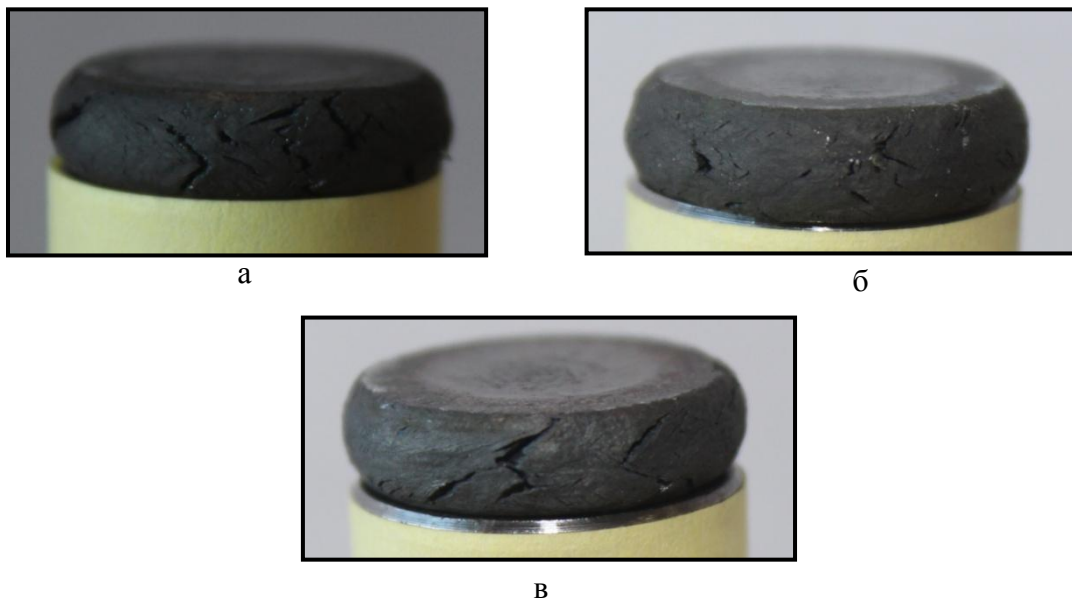


Рис. 4. Сравнение качества боковой поверхности образцов «2» после деформирования при температуре:
а – 1060 °С; б – 1100 °С; в – 1140 °С

Указанные выше результаты исследования свидетельствуют, во-первых, об анизотропии пластических свойств металла заготовки в зависимости от направления и места отбора образцов, во-вторых, об образовании «рванин» на боковой поверхности деформированных образцов даже при степени деформации $\epsilon = 1,2$, что ниже значения степени деформации при реальных условиях процесса. Вероятнее всего, это объясняется природой заготовки, характеризующейся значительной анизотропией свойств, что свойственно литой структуре. Для подтверждения указанной причины, на

рис. 5 представлены фотографические изображения образцов «б» после деформирования при температуре 1140 °С и образцов отобранных от стенки муфтовой заготовки (после прессования) размерами 88,9×16,0 мм.

Из сравнения (рис. 5) видно, что образец, отобранный из предварительно деформированного металла, в частности, после прессования, имеет ровную гладкую боковую поверхность без образования трещин и рванин.

Для оценки влияния скорости деформации на значение сопротивления деформации и качество боковой поверхности образцов проведено испытание образцов «4» при температуре 1160 °С, при скорости деформации от 5 до 15 с⁻¹ с шагом изменения 5 с⁻¹. На рисунке 6 представлены кривые течения металла в интервале истинных деформаций от 0 до 1,2 при температуре 1160 °С и скоростях деформации: 5; 10; 15 с⁻¹.

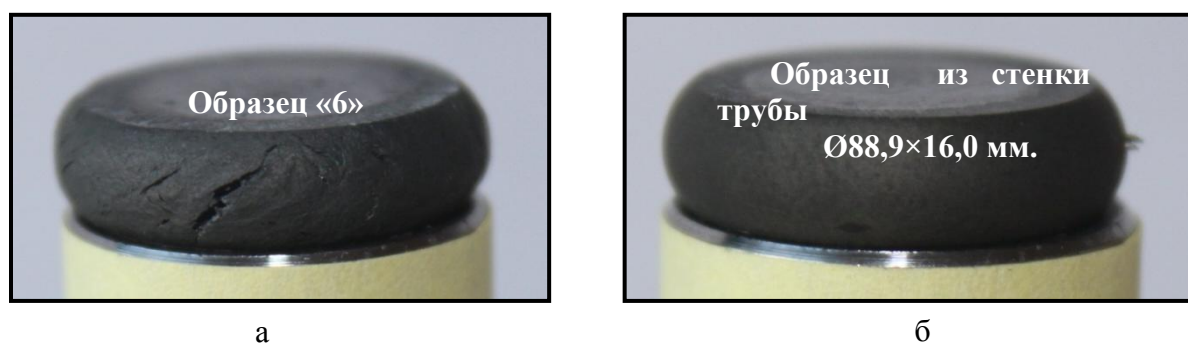


Рис. 5. Сравнение качества поверхности образцов после деформирования при температуре 1140 °С: а – образец «б»; б – образец, отобранный из стенки трубы размерами 88,9×16,0 мм

Из кривых течения металла, представленных на рисунке 6, видно, что характер изменения сопротивления деформации с увеличением степени деформации при различных скоростях деформации схож. При этом значение сопротивления деформации растет с увеличением скорости деформации и максимальных значений достигает при степени деформации $\epsilon = 1,2$. При скорости деформации 5 с⁻¹ – 118 МПа; при 10 с⁻¹ – 127 МПа; при 15 с⁻¹ – 135 МПа. Для оценки влияния скорости деформации на качество боковой поверхности деформированных образцов после осадки на рис. 7 представлен вид боковой поверхности образцов деформированные при температуре 1160 °С и скоростях деформации: 5; 10; 15 с⁻¹. Из рис. 7 видно, что характер разрушения металла на боковой поверхности образцов в явном виде не зависит от примененного диапазона скоростей деформации.

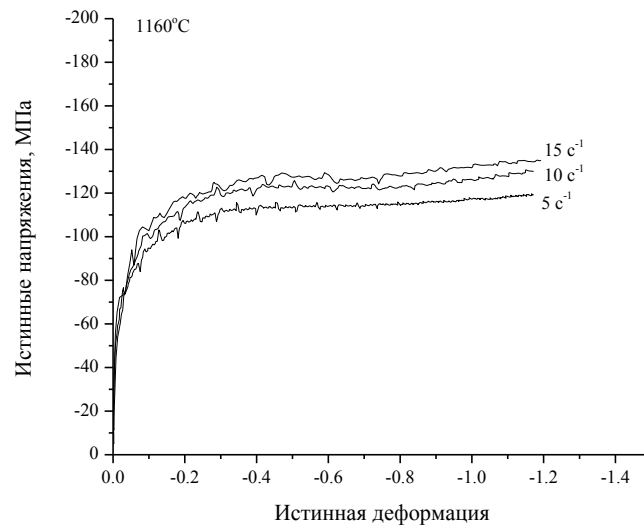


Рис. 6. Кривые течения металла в интервале истинных деформаций от 0 до 1,2 при температуре 1160 °C и скоростях деформации 5; 10; 15 с⁻¹

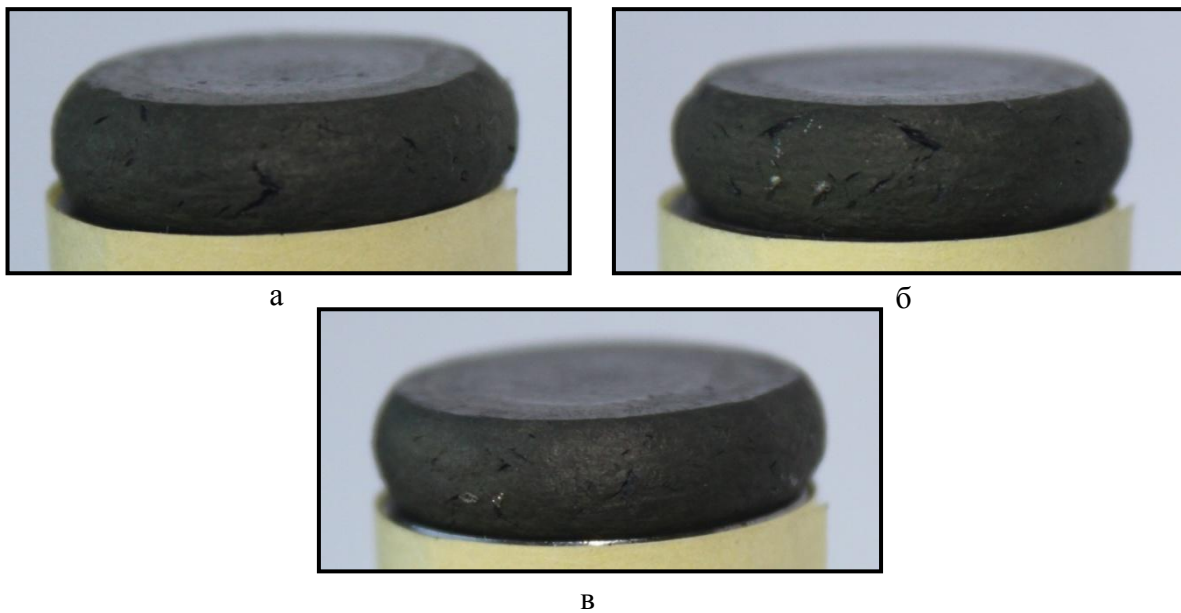


Рис. 7. Сравнение качества боковой поверхности образцов «4» после деформирования при температуре 1160 °C и скорости деформации: а – 5 с⁻¹; б – 10 с⁻¹; в – 15 с⁻¹

Кроме того, необходимо проанализировать, каким образом влияет температура нагрева на вероятность образования дефектов на боковой поверхности образцов после деформации. На рис. 8, представлено сравнение боковой поверхности образцов «4» после деформирования при температурах 1140 и 1200 °C.

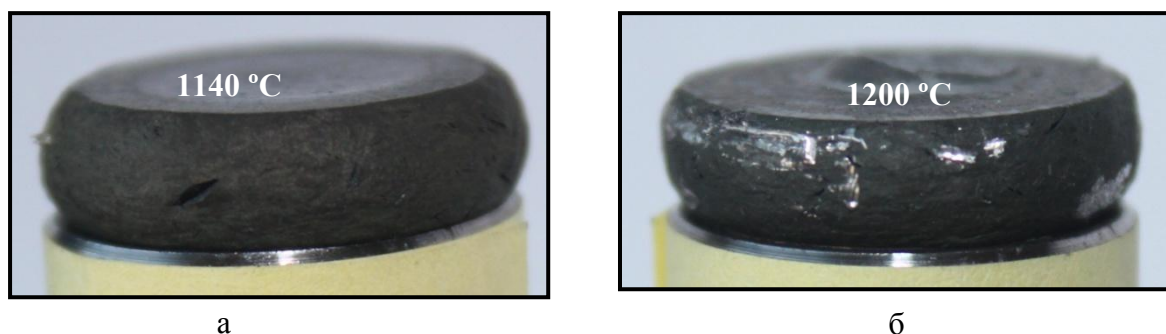


Рис. 8. Сравнение боковой поверхности образцов «4» после деформирования при температуре: а – 1140 °С; б – 1200 °С

На образце «4» при нагреве до температуры 1140 °С проявляются трещины глубиной до 1,0 мм и толщиной до 1,5 мм. На образцах нагретых до температуры 1200 °С таких дефектов не наблюдается за исключением мелких трещин на одной стороне образца. В целом у второго образца поверхность имеет меньшую шероховатость, что косвенно свидетельствует о более благоприятных деформационных условиях при температуре 1200 °С.

Для оценки влияния температуры нагрева на качество боковой поверхности образцов после деформирования на рис. 9 представлены фотографические изображения образцов «5» после деформирования при температурах 1140 и 1200 °С.

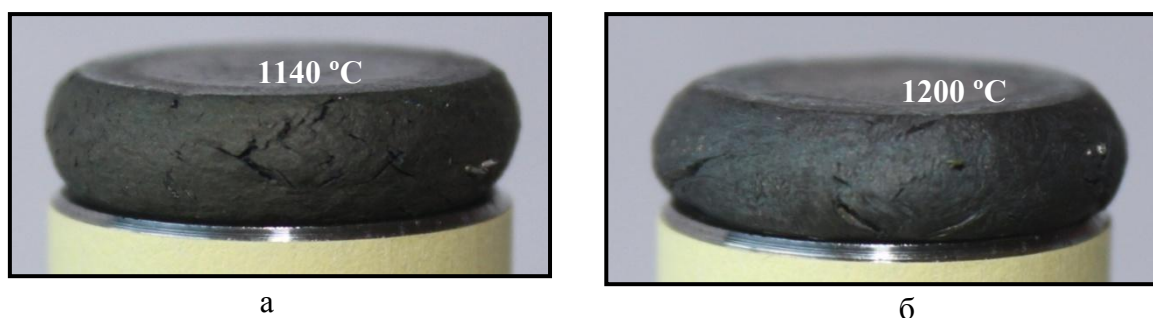


Рис. 9. Сравнение боковой поверхности образцов «5» после деформирования при температуре: а – 1140 °С; б – 1200 °С

Из фотографических изображений, представленных на рис. 9, видно, что на боковой поверхности обоих образцов присутствуют трещины. Стоит отметить, что на образцах деформированных при температуре 1140 °С трещины присутствуют по всей боковой поверхности образца, но глубина их залегания и толщина визуально меньше чем на образцах деформированных при температуре 1200 °С. На образцах (б) трещина более локализованы на поверхности, т.е. присутствуют участки поверхности без разрушения.

Из рис. 10 видно, что образцы, отобранные из периферийной части заготовки характеризуются меньшей поврежденностью, преимущественно для образцов, отобранных в продольном направлении. Кроме того, качество боковой поверхности образцов улучшается так же от центра к поверхности заготовки, как показано на рис. 10.

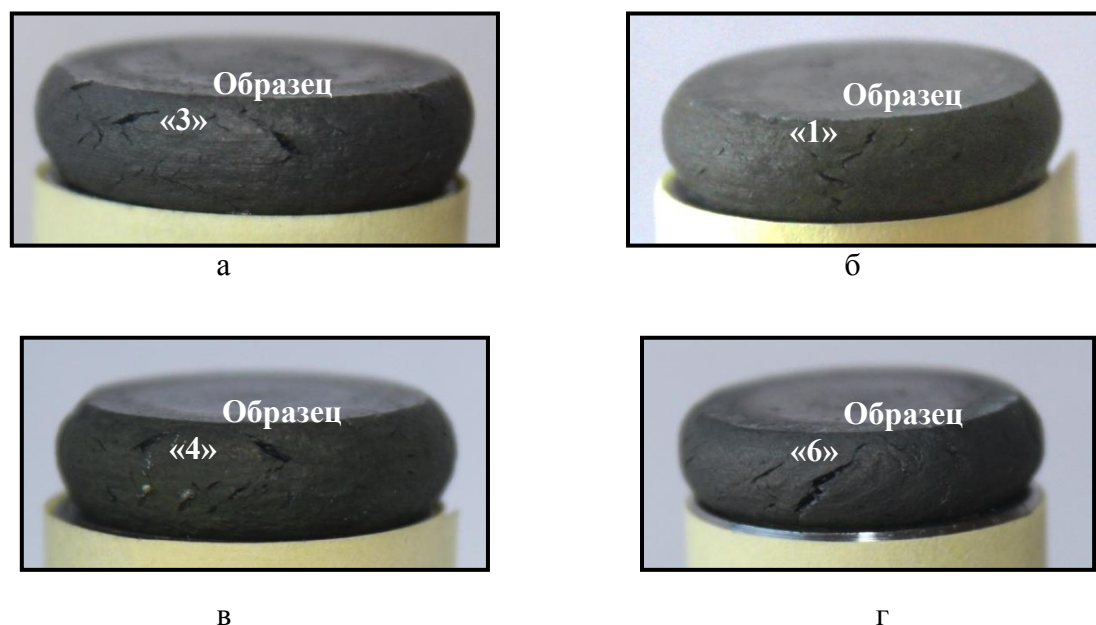


Рис. 10. Сравнение боковой поверхности образцов, деформированных при температуре 1140 °С:
а – образец «3»; б – образец «1»; в – образец «4»; г – образец «6»

По результатам проведенного пластометрического исследования можно сделать следующие выводы о деформационных свойствах заготовки из стали марки 10Х13Н3МФБ:

1. С увеличением температуры нагрева образцов, анизотропия пластических свойств металла уменьшается, о чем свидетельствует большая сходимость ветвей кривых течения металла для всех образцов.

2. Образцы, отобранные в продольном направлении, в основном, имеют большее значение сопротивления деформации.

3. Образцы, отобранные в периферийной части заготовки, имеют большее значение сопротивления деформации и подвержены меньшему разрушению после деформации, в сравнении с образцами, отобранными в центральной части заготовки. Вероятнее всего, это обусловлено наличием несовершенств макроструктуры исходной непрерывнолитой заготовки.

4. Образцы, отобранные из предварительно деформированного металла, имеют гладкую ровную боковую поверхность, без образования трещин и

рваний на поверхности, что свидетельствует о благоприятном влиянии предварительной деформации металла заготовки на качественные характеристики поверхности передельной трубы. С этой точки зрения, рациональнее использовать предварительно деформированную заготовку.

5. Увеличение скорости деформации с 5 до 15 с⁻¹ определяет рост значений сопротивления деформации на 10–15 %, при этом в явном виде не влияет на получаемое качество поверхности, при прочих равных условиях.

Библиографический список

1. Космацкий, Я.И. Информационное обеспечение и управление технологическими процессами трубопрессового производства: учебное пособие / Я.И. Космацкий, М.И. Гасленко, М.А. Тихонова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2013. – 47 с.
2. Прозоров, Л.В. Прессование стали и тугоплавких сплавов / Л.В. Прозоров. – М.: Машиностроение, 1969. – 243 с.
3. Химушин, Ф.Ф. Нержавеющие стали / Ф.Ф. Химушин. – М.: Металлургия, 1967. – 800 с.

[К содержанию](#)