

УДК 620.179

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА НА ПАРАМЕТРЫ МАГНИТНОГО ШУМА БАРКГАУЗЕНА

А.Н. ПРУДНИКОВ, *Д.А. ВИНТОВ, *В.Л. ВЕНГРИНОВИЧ,
П.А. ПОДУГОЛЬНИКОВ
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Могилев, Минск, Беларусь

Проведение измерений параметров шумов Баркгаузена (ШБ), характеризующих напряженно-деформированное состояние металла [1, 2, 3] на длительно эксплуатирующихся объектах требует предварительной подготовки поверхности металла для удаления покрытий, поверхностных дефектов, коррозионных повреждений. Однако, как известно, при механической обработке как электрифицированным так и ручным инструментом происходит образование поверхностных деформированных слоев металла - псевдоаморфного слоя (слой Бейльби), слоя глубокой деформации, слоя крупномасштабной деформации. Эти слои характеризуются наличием напряжений сжатия (наклеп), что отличает их по своим свойствам от остального металла и не характеризует состояние нижележащих слоев и металла в целом.

Поэтому, для измерения истинных напряжений на поверхности металла необходимо ликвидировать остаточные напряжения и наклеп, неотделимые от механических методов чистовой обработки. Уменьшить искажение поверхности можно электрохимическим полированием металла, при котором одновременно со сглаживанием выступов микронеровностей частично удаляется напряженный слой металла. В полевых условиях для подготовки небольших участков на крупных объектах наиболее подходящим способом является предложенный Жаке метод тампона. Состав электролита и режим полирования подбирают так, чтобы толщина гидроокисной пленки поддерживалась неизменной, исключая перетравливание металла агрессивным электролитом.

В проведенных экспериментах по оценке влияния поверхностного деформированного слоя металла на параметры магнитного шума Баркгаузена в трубных образцах из стали 17ГС использовался фосфорносерноокислый раствор электролита. Анодная плотность тока составляла 50–60 А/дм², что обеспечивало скорость растворения металла около 3 мкм/мин. Измерения выполнялись прибором ИНТРОСКАН, значения параметров магнитного шума Баркгаузена в параллельном и перпендикулярном направлении относительно оси трубного образца представлены на рисунке 1, а и 1, б соответственно.

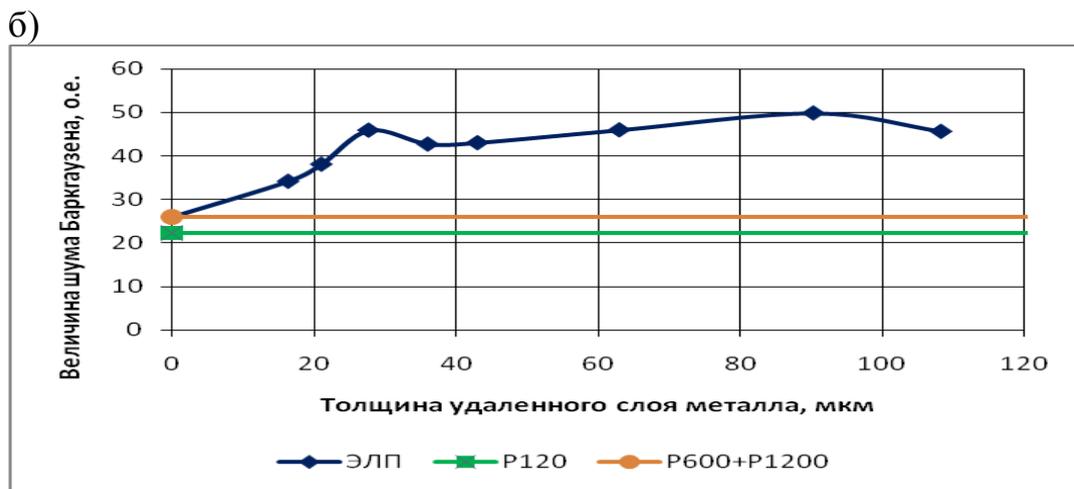
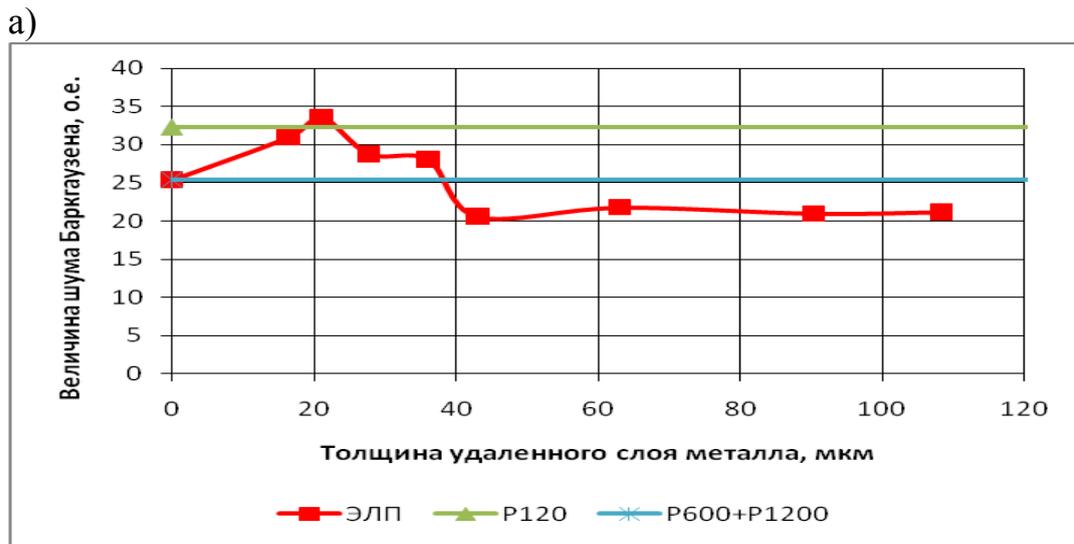


Рис. 1. Параметры шумов Баркгаузена после различных видов обработки: а – в направлении параллельном продольной оси трубы; б – в направлении перпендикулярном продольной оси трубы (ЭЛП – электролитическое полирование методом Жаке (тампоном); P120 – шлифование абразивом зернистостью P120 при 2000 об/мин; P600+P1200 – шлифование абразивом зернистостью P600 и P1200 при 6000 об/мин)

Критерием достаточности при удалении деформированного слоя служило отсутствие заметных изменений ШБ при последующей полировке. Режимы контроля: частота и амплитуда намагничивания, диапазон частот анализа магнитного шума выбирались из условия обеспечения максимальной чувствительности к изменению напряжений (соответствующая калибровочная характеристика не приведена). Из рис. 1 следует, что шлифование абразивами указанных зернистостей не приводит к измеримому изменению состояния поверхностного слоя. В тоже время электролитическая полировка, при которой происходит реальное удаление деформированного поверхностного слоя, оказывает заметное влияние на величину ШБ. По мере удаления слоя продольная компонента ШБ сначала возрастает, что

для данной стали в соответствии с калибровочной характеристикой, соответствует снижению остаточных напряжений сжатия. Последующее быстрое снижение величины ШБ говорит о наличии под наклепанным слоем небольшого растянутого слоя, что определяется уравнением равновесия образца. Последующее удаление поверхностного слоя не оказывает заметного влияния на ШБ и свидетельствует о полном удалении деформированного поверхностного слоя, величина которого, в данном случае, не превышает 40–50 мкм. Описанная кинетика изменения ШБ по мере удаления слоя подтверждается анализом поведения поперечной компоненты ШБ (рис. 1, б). Рост, а затем незначительно снижение последней свидетельствуют о первоначальном снижении напряжений сжатия, возникших при наклепе, после чего следуют небольшое снижение интенсивности ШБ, связанное с уменьшением компенсирующих наклеп напряжений растяжения (не равных продольным компенсирующим растягивающим напряжениям из-за неодинаковых граничных условий НДС в обоих направлениях) и стабилизация поведения ШБ после глубины 40–50 мкм.

Таким образом, электролитическое удаление поверхностного деформированного слоя, характеризующегося значительным градиентом напряжений, позволяет уменьшить, по сравнению с подготовкой механическим шлифованием, неопределенность измерения внутренних напряжений по изменению параметров магнитных шумов Баркгаузена. Толщина деформированного предшествующей обработкой поверхностного слоя металла, как правило, мала по сравнению с толщиной образца. Поэтому вызываемые этим слоем изменения напряжений в объеме металла, хотя и незначительные, но приводят к значительной неопределенности измерения напряжений методом эффекта Баркгаузена, или любым другим методом контроля, характеризующимся влиянием состояния поверхностного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Sablik, M. J.** Modeling the Effects of Biaxial Stress on Magnetic Properties of Steels with Application to Biaxial Stress NDE / M. J. Sablik – Nondestructive Testing and Evaluation. – Vol. 12 – No. 2, 1995 – P. 87–102.
2. **Vengrinovich, V. L.** Belarus Patent No. BY 15012, C1, 2011. Method for Calibration of the Barkhausen Noise Sensitivity to Elastic Stress and Residual Strain in Ferromagnetic Material.
3. Vengrinovich V.L., Vintov D.A., Dmitrovich D.V. Non-destructive testing of biaxial stress state in ferromagnetic materials. Proceedings of the American Institute of Physics ed. by D.Chimenti, L.Bond and D.Tohmson, 2013, Baltimore, Maryland, USA.