

УДК 620.178.1

АНАЛИЗ ДОСТИЖИМОЙ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТОЛЩИНЫ ЦЕМЕНТИРОВАННОГО СЛОЯ СТАЛЕЙ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ, А. Л. ВАЛЬКО, С. П. РУДЕНКО
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Высоконагруженные детали бурового инструмента и нагруженных трансмиссий мобильных машин изготавливают из сталей, подвергаемых цементации и закалке. Параметром упрочненного слоя, обеспечивающим его работоспособность, является его эффективная толщина $h_{эф}$ – расстояние от поверхности изделия до зоны с твердостью 50 HRC (СТБ 2307–2013). Точность определения $h_{эф}$ снижают (рис. 1) полосчатость металла и неизбежная погрешность измерения твердости. Повышение количества измерений твердости в указанной зоне не приводит к повышению точности определения $h_{эф}$ (см. рис. 1).

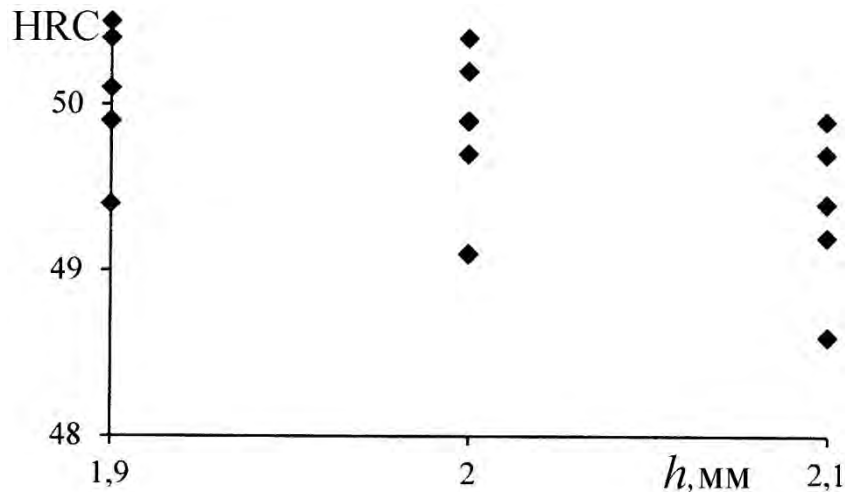


Рис. 1. Распределение твердости HRC по толщине h цементированного слоя экспериментального образца из стали 18ХГТ вблизи области $h_{эф}$

В докладе проведен анализ методов повышения точности определения $h_{эф}$ и сообщается о разработанном способе [1] повышения точности определения $h_{эф}$ металлического изделия. По способу на шлифе на образце-свидетеле, прошедшем обработку одновременно с изделием, перпендикулярно поверхности шлифа на разных расстояниях от его поверхности в окрестности оценочной области $h_{эф}$ делают от 7 до 10 отпечатков от индентора с интервалом около 0,1 мм при заданной постоянной испытательной нагрузке, измеряют диагонали указанных отпечатков и определяют значения твердости металла образца-свидетеля в местах отпечатков, строят зависимость полученных значений твердости от расстояния от поверхности образца-свидетеля, аппроксимируют полученную зависимость полиномом второй степени, после чего по полученной аппроксимации и заданному значению твердости в области толщины поверхностно упрочненного слоя изделия получают квадратное уравнение, из которого определяют искомую толщину $h_{эф}$.

Для решения задачи изобретения использовано положение, что увеличение d при постоянной δ приводит к увеличению достижимого коэффициента R_{\max} корреляции между результатами измерения и истинными значениями физической величины [2]. Поэтому физически верная аппроксимация изменения значений твердости HRC от расстояния h от поверхности позволит получить более точную аппроксимацию зависимости HRC(h) при измерениях в более широком интервале изменения h . На основе полученной аппроксимации будет получено более точное значение параметра $h = h_{\text{эф}}$, при котором HRC равна заданной.

Результаты пересчета измеренных значений микротвердости HV0,5 в значения твердости HRC [3] в практически важном для определения эффективной толщины $h_{\text{эф}}$ цементированного слоя диапазоне изменения значений твердости HRC исследованного образца приведены на рис. 2.

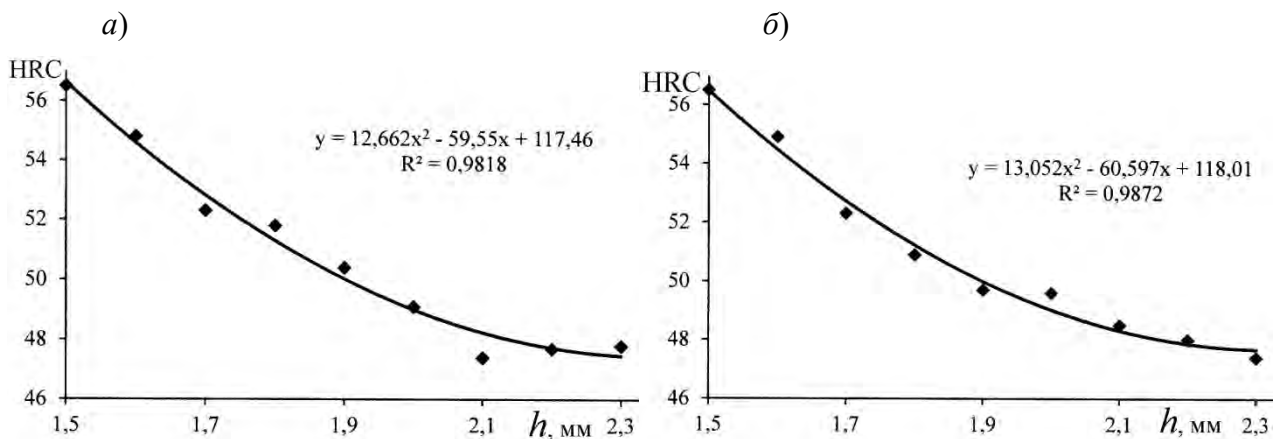


Рис. 2. Результаты независимых измерений (а, б) распределения твердости HRC по толщине h цементированного слоя образца из стали 18ХГТ после закалки (в ближайшей и удаленной окрестности области $h_{\text{эф}}$). Интерполирующие их аналитические зависимости со степенными уравнениями регрессии и коэффициентами R^2 достоверности аппроксимации

Результаты определения значений HRC исследованного образца при каждой величине h могут существенно отличаться для независимых измерений (см. рис. 2, а, б). Но результаты определения $h_{\text{эф}}$ (1,902 и 1,899 мм) (см. рис. 2) по разработанному способу отличаются друг от друга на 0,003 мм. Это на порядок меньше допустимой по СТБ 2307–2013 погрешности 0,02 мм определения $h_{\text{эф}}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 24292, МПК G01N 3/43. Способ определения толщины поверхностно-упрочненного слоя металлического изделия: № а 20230039: заявл. 07.02.2023: опубл. 20.05.2024 / Сандомирский С. Г., Валько А. Л., Руденко С. П.; заявитель Объед. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – 5 с.
2. Сандомирский, С. Г. Влияние точности измерения и диапазона изменения физической величины на коэффициент корреляции / С. Г. Сандомирский // Измерительная техника. – 2014. – № 10. – С. 13–17.
3. Сандомирский, С. Г. Определение эффективной толщины цементированного слоя стали / С. Г. Сандомирский, А. Л. Валько, С. П. Руденко // Измерительная техника. – 2023. – № 7. – С. 68–72.