

- при способе остаточной намагниченности (СОН) – после намагничивания.

Осмотреть деталь, при необходимости применяя лупу:

- при СПП – сразу после выключения магнитного поля;

- при СОН – после стекания основной массы суспензии.

Выявленные отложения магнитного порошка очертить карандашом.

Повторить операции для последующих направлений намагничивания согласно операционной карте.

Детали с отмеченными отложениями магнитного порошка отложить.

Вызвать представителя БТК и сдать ему детали с дефектами для принятия решения о доработке/браковке.

Провести повторный магнитный контроль доработанных деталей по полному циклу настоящего технологического процесса.

Провести размагничивание годных деталей.

Список информационных источников

1. Справочно - информационный каталог «Магнитопорошковый и капиллярный контроль», Издание 2006 (1), 61 стр.

ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Осипов С. П.¹, Подшивалов И. И.², Осипов О. С.¹, Жантыбаев А. А.¹

¹ Томский политехнический Университет, г. Томск

² Томский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, г. Томск

*Научный руководитель: Осипов С. П., к.т.н., в. н.с. лаборатории
Технической томографии и интроскопии*

1. Введение

В процессе эксплуатации металлических изделий происходит ухудшение их технического состояния, обусловленное влиянием различных негативных факторов [1–4], к наиболее значимым из которых относятся абразивный износ, различные виды коррозионных

поражений, усталость металла. Одним из методов, с помощью которых оценивается техническое состояние металлических изделий в процессе их изготовления и эксплуатации является измерение твердости [5–8]. За последние два десятилетия наблюдается бурное развитие способов измерения твердости и приборов, их реализующих, расширяются сферы их приложений [9–12]. В традиционных рекомендациях по применению твердомеров предлагается проводить измерения в нескольких точках изделия, и в качестве оценки твердости использовать среднее значение полученных значений. В работах [13–15] показано, что использование дополнительного информативного параметра, определяемого в процессе измерения твердости, – меры рассеяния твердости, позволяет более качественно оценивать техническое состояние поверхности металлического изделия. В литературе недостаточно данных для оценки возможности использования других информативных параметров твердости, рассматриваемой в качестве случайной величины, при решении задач, связанных с оценкой технического состояния металлических изделий в процессе эксплуатации.

2. Эксперимент

С целью оценки информативности параметров, характеризующих случайную величину H , была проведена серия измерений твердости нескольких образцов стальных изделий, подвергшимся в процессе эксплуатации различным видам внешних воздействий.

Объектом неразрушающих испытаний являлись различные образцы из сталей со средним значением твердости от 80 до 200 НВ. Калибровочные измерения осуществляли по мерам твердости по Бринеллю НВ100 и НВ184. Меры твердости отличаются высоким качеством обработки поверхности, поэтому влияние шероховатости поверхности изделий на оценку характеристик твердости, как случайной величины, сводится к минимуму.

Измерения проводились динамическим измерителем твердости с выбираемой шкалой Темп – 4 в соответствии с рекомендациями, указанными в технической документации и методической литературе.

Для каждого из экспериментальных образцов формировалась исходная выборка твердости по Бринеллю – $(H_1, H_2, H_3, \dots, H_n)$, здесь n – объем выборки. Исследовались выборки с достаточно большим объемом $n = 200$ для всех испытываемых образцов.

Всего было испытано 7 образцов. Для каждого образца оценивались меры положения случайной величины H и меры рассеяния. Все выборочные параметры рассматривались в дальнейшем как

случайные величины. В соответствии со следствием из основного предложения 3 проверялась независимость (уровень зависимости) указанных величин по парам.

3. Результаты

В таблицу 1 сведены результаты статистической обработки экспериментальных измерений твёрдости по Бринеллю H испытуемой группы образцов.

В таблице 1 указаны значения параметров, характеризующих положение анализируемой случайной величины H , – \bar{H} , MeH , MoH , λ_H и λ_{lnH} . В таблице 1 также приведены σ_H , V_H , A , E , k_H , k_{lnH} , которые характеризуют рассеяние твёрдости. Параметры положения и рассеяния H оценивались с помощью выражений (1) – (2) и (5) – (7).

Таблица 1 Сводная таблица выборочных параметров H .

Мера	Параметр	Номер образца						
		1	2	3	4	5	6	7
Положения	\bar{H}	100,8	184,2	119,2	126,0	126,4	177,8	192,3
	MeH	101,2	184,3	121,7	124,3	128,9	177,6	191,4
	MoH	97,1	184,3	121,7	122,7	134,0	183,2	187,3
	λ_H	111,7	204	132	139,6	139,9	197	213
	λ_{lnH}	106,9	189,2	129,3	138,2	139,7	191,5	203,1
Рассеяния	σ_H	7,13	5,19	12,00	15,93	19,07	15,90	12,06
	V_H	0,0708	0,0282	0,1006	0,1263	0,1509	0,0894	0,0627
	A_H	0,984	0,462	-0,603	0,144	0,839	-0,288	0,197
	E_H	3,90	1,78	0,47	-0,81	2,09	1,37	-0,36
	k_H	17,485	44,917	12,103	9,521	7,935	13,697	19,817
	k_{lnH}	5,104	20,131	5,359	4,446	3,841	6,11	9,014

Для анализа информативности того или иного параметра, характеризующего случайную величину H , и определения избыточных данных можно воспользоваться корреляционным анализом. Следует учесть, что объём выборки материалов незначителен, но для выявления тенденций может оказаться достаточным. Коэффициент корреляции cor_{xy} вычисляется по формуле (8). Здесь случайные величины x и y пробегают весь набор параметров случайной величины H – \bar{H} , MeH , MoH , λ_H , λ_{lnH} , σ_H , V_H , A_H , E_H , k_H и k_{lnH} . В таблице 2 приведены значения коэффициентов корреляции параметров твёрдости.

Будем придерживаться следующих критериев силы связи: для сильной связи коэффициент корреляции не меньше 0,8; для средней

связи коэффициент корреляции изменяется от 0,6 до 0,8; для слабой связи коэффициент корреляции изменяется от 0,4 до 0,6; если коэффициент корреляции меньше 0,4, то будем считать, что связь анализируемых величин практически отсутствует.

Таблица 2 Коэффициенты корреляции параметров твёрдости.

Параметры	\bar{H}	MeH	MoH	λ_H	λ_{lnH}	σ_H	V_H	A_H	E_H	K_H	K_{lnH}
\bar{H}		1,00	0,99	1,00	1,00	-0,12	-0,55	-0,25	-0,35	0,55	0,64
MeH	1,00		0,99	1,00	1,00	-0,12	-0,54	-0,25	-0,34	0,55	0,64
MoH	0,99	0,99		0,99	0,99	-0,05	-0,48	-0,27	-0,32	0,51	0,61
λ_H	1,00	1,00	0,99		1,00	-0,12	-0,55	-0,25	-0,35	0,55	0,64
λ_{lnH}	1,00	1,00	0,99	1,00		-0,03	-0,47	-0,28	-0,39	0,47	0,57
σ_H	-0,12	-0,12	-0,05	-0,12	-0,03		0,88	-0,20	-0,38	-0,80	-0,69
V_H	-0,55	-0,54	-0,48	-0,55	-0,47	0,88		-0,02	-0,18	-0,87	-0,80
A_H	-0,25	-0,25	-0,27	-0,25	-0,28	-0,20	-0,02		0,63	0,17	0,08
E_H	-0,35	-0,34	-0,32	-0,35	-0,39	-0,38	-0,18	0,63		0,19	0,05
K_H	0,55	0,55	0,51	0,55	0,47	-0,80	-0,87	0,17	0,19		0,98
K_{lnH}	0,64	0,64	0,61	0,64	0,57	-0,69	-0,80	0,08	0,05	0,98	

Из анализа данных, приведённых в таблице 2 можно сделать ряд промежуточных заключений о взаимных зависимостях параметров, характеризующих анализируемую случайную величину H .

1. Все параметры положения случайной величины H , то есть \bar{H} , MeH, MoH, λ_H , λ_{lnH} , практически строго зависят друг от друга, коэффициенты корреляции близки к 1 и эти зависимости сильные и прямые.

2. Среднеквадратическое значение σ_H практически не зависит ни от одного из параметров положения случайной величины H , значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине не превосходят 0,12.

3. Коэффициент вариации V_H слабо зависит от всех параметров положения. Эти зависимости являются обратными. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине находятся в диапазоне от 0,47 до 0,55.

4. Зависимости коэффициентов асимметрии A_H и эксцесса E_H от параметров положения по приведённой выше градации практически отсутствуют. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине меньше 0,39.

5. Зависимости коэффициентов K_H и K_{lnH} являются прямыми и занимают пограничное положение между средними и слабыми

зависимостями. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине находятся в диапазоне от 0,57 до 0,64.

6. Из параметров рассеяния сильно зависят друг от друга: σ_H от V_H прямая зависимость, коэффициент корреляции 0,88; σ_H от k_H , зависимость обратная, коэффициент корреляции -0,8; коэффициент вариации V_H от k_H и $k_{\ln H}$; коэффициенты k_m и k_G .

4. Выводы

Из рассмотрения промежуточных заключений 1 – 6 можно сделать следующие выводы:

1. В качестве меры меры положения случайной величины H может быть использован любой параметр из \bar{H} , MeH , MoH , λ_H , $\lambda_{\ln H}$, но наиболее целесообразно использовать \bar{H} , как наиболее просто определяемый параметр. Все прочие параметры положения случайной величины могут быть применены для исключения случайных промахов при расчётах.

2. В качестве меры рассеяния могут быть использованы параметры σ_H , A_H , E_H . Все остальные параметры рассеяния существенно зависят от параметров положения. Предпочтительнее использовать среднеквадратическое отклонение, как наименее зависящий параметр от любого из параметров положения.

Список информационных источников

1. Jacobs, J.J., Urban R.M., Hallab, N.J., Skipor, A.K., Fischer, A., Wimmer, M.A. Metal-on-metal bearing surfaces // Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2009. – v. 17. – No 2. – p. 69–76.

2. Zhang, S.W., Liu, H., He, R. Mechanisms of wear of steel by natural rubber in water medium // Wear. – 2004. – v. 256. – No 3. – p. 226–232.

3. Fontalvo G. A., Mitterer C. The effect of oxide-forming alloying elements on the high temperature wear of a hot work steel // Wear. – 2005. – v. 258. – No 10. – p. 1491–1499.

4. Abosrra, L., Ashour, A.F., Youseffi, M. Corrosion of steel reinforcement in concrete of different compressive strengths // Construction and Building Materials. – 2011. – v. 25. – No 10. – p. 3915–3925.

5. Parasız S. A. et al. Effect of specimen size and grain size on deformation in microextrusion // Journal of Manufacturing Processes. – 2011. – T. 13. – №. 2. – С. 153–159.

6. Zhang, S., Ding, T.C., Li, J.F. Microstructural alteration and microhardness at near-surface of AlSi H13 steel by hard milling // Machining Science and Technology. – 2012. – v. 16. – No 3. – p. 473-486.

7. Zhu, S.D., Zhou, G.S., Miao, J., Cai, R., Wei, J.F. Mechanical properties of CO₂ corrosion scale formed at different temperatures and their relationship to corrosion rate // Corrosion Engineering, Science and Technology. – 2012. – v. 47. – No 3. – p. 171–177.

8. Hussainova, I., Antonov, M., Jasiuk, I., & Du, X. (2011). Characterisation of microstructure and mechanical properties of cermets at micro-and nanoscales // International Journal of Materials and Product Technology. – 2011. – v. 40. – No 1. – p. 58–74.

9. Ekici, R., Kemal Apalak, M., Yıldırım, M., Nair, F. (2010). Effects of random particle dispersion and size on the indentation behavior of SiC particle reinforced metal matrix composites // Materials & Design. – 2010. – v. 31. – No 6. – p. 2818–2833.

10. Starikov, M., Beljatynskij, A., Prentkovskis, O., Klimenko, I. The use of magnetic coercivity method to diagnose crane metalware // Transport. – 2011. – v. 26. – No 3. – p. 255–262.

11. Muzyka, N.R., Shvets, V.P. Effect of a Loading Mode on Damage Accumulation in the Material // Strength of Materials. – 2014. – v. 46. – No 1. – p. 105–109.

12. Lebedev, A.A., Makovetskii, I.V., Muzyka, N.R., Volchek, N.L., Shvets, V.P. (2006). Assessment of damage level in materials by the scatter of elastic characteristics and static strength // Strength of materials. – 2006. – v. 38. – No. 2. – p. 109–116.

13. Lebedev, A. A., Muzyka, N. R., Shvets, V. P. A method for fracture toughness assessment by the scatter of hardness characteristics // Strength of Materials. – 2007. – v. 39. – No 6. – p. 567–571.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

*Передельская О.А., Путинцев В.Ю., Негров Д.А., Шевчук А.М.
Омский Государственный Технический Университет
Научный руководитель: Негров Д.А., к.т.н., доцент*

Механические и триботехнические свойства материалов значительно влияют на прочностные характеристики узлов трения машин. В настоящее время, чтобы повысить качество изготавливаемой продукции, металлы и сплавы стараются заменить на различные полимеры и полимерные композиционные материалы, в том числе на