

Был проведен опрос более 167 респондентов. По результатам исследования были построены диаграммы (некоторые примеры которых приведены на рис. 1), позволившие сделать следующие выводы:

– смартфоны являются наиболее используемым электронным устройством в любое время суток; затем ноутбуки, а затем телевизоры;

– компьютеры используются в жизни людей в основном во время работы или учебы деятельности, в повседневной же жизни – планшеты и ноутбуки, телевизор больше не является необходимостью, и люди в основном пожилого возраста смотрят телевизор, в том числе используя его как «фон»;

– люди предпочитают динамический контент статическому, но при возможной зрительной и психологической усталости форма цифровых изображений оказывает меньшее влияние, а содержание – большее;

– люди предпочитают взаимодействовать с цифровыми изображениями больше при ярком освещении, чем при тусклом (как это предписано нормативными документами, например, [2]);

– большая часть общения с родными и близкими предпочитает очное, обычное и частое использование компьютера может стать причиной нерегулярной работы и/или отдыха, но в настоящее время не вызовет социальных проблем.

Литература

1. Штанчаев, Х. Б. Математическая модель представления изображения в системах распознавания образов / Х. Б. Штанчаев // Мир науки. Научный интернет-журнал. – 2015. – Вып. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mir-nauki.com>. – Дата доступа: 02.09.2022.

2. Recommendation ITU-R BT.2035 (07/2013) A reference viewing environment for evaluation of HDTV program material or completed programmes BT Series Broadcasting service (television).

УДК 620.178

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОТПЕЧАТКА ПРИ УДАРНОМ ВНЕДРЕНИИ СФЕРИЧЕСКОГО ИНДЕНТОРА В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Крень А.П., Протасеня Т.А., Ланцман Г.А., Мацулевич О.В.

*ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Показано, что профиль восстановленного и невосстановленного отпечатка при индентировании зависит от скорости нагружения и сочетания механических и физических характеристик материала: предела текучести, модуля упругости, коэффициента деформационного упрочнения. Установлено, что для ударного вдавливания в отличие от статического форма отпечатка в состоянии полной пластичности в нагруженном и разгруженном состоянии не совпадает. При этом динамическое вдавливание при коэффициенте деформационного упрочнения более 0,15 характеризуется отсутствием «навала» поверхности вокруг деформированного металла. Это позволяет использовать разработанные ранее алгоритмы для определения механических характеристик металлов с достаточной точностью.

Ключевые слова: индентирование, металл, удар, отпечаток.

STUDYING OF THE OF IMPRINT FORMATION PROCESS DURING IMPACT INTRUSION OF A SPHERICAL INDENTER INTO ELASTIC-PLASTIC MATERIAL

Kren A., Pratasenia T., Lantsman G., Matsulevich O.

*The Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. It is shown that the profile of the recovered and unrecovered impressions during indentation depends on the loading rate and the combination of the mechanical and physical characteristics of the material: yield strength, elastic modulus, and strain hardening exponent. It has been established that for impact indentation, in contrast to static one, the shape of the impression in a full plasticity state for loaded and unloaded state does not coincide. At the same time, dynamic indentation for materials with a strain hardening exponent of more than 0.15 is characterized by the absence of a “pile-up” of the surface around the strained metal. This allows using previously developed algorithms to determine the mechanical characteristics of metals with sufficient accuracy.

Keywords: indentation, metal, impact, impression.

*Адрес для переписки: Крень А.П., ул. Академическая, 16, Минск, 220072, Республика Беларусь
e-mail: 7623300@gmail.com*

Достоверность измерения механических характеристик методами индентирования и возможность применения разработанных для этих целей алгоритмов [1, 2] во многом определяется

точностью регистрации параметров формирующегося пластического отпечатка: его диаметром, глубиной, величиной возвышения («навала», «pile-up») или прогиба («впадины», «sink-in»)

контура поверхности в области действия контактных напряжений. При использовании традиционных методов испытаний индентированием, оценка характеристик материала, как правило, ограничивается измерением его твердости (например, по Бринеллю НВ или по Мейеру НМ), для чего регистрируется только диаметр проекции пластического отпечатка $d_c = 2a_c$. При этом d_c в большинстве случаев принимается равным $2a$ (рис. 1).

В тоже время известно, что при индентировании материалов d_c может быть как больше, так и меньше d в зависимости от формирующегося профиля деформированной поверхности (рис. 1). Как показывают работы [1, 2] пренебрежение даже этим небольшим отличием может привести к существенной погрешности в измерении твердости, а также предела прочности σ_b , предела текучести σ_t модуля упругости E .

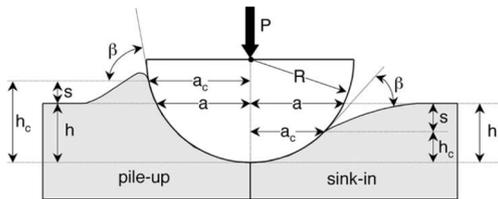


Рисунок 1 – Профиль поверхности образца при индентировании

Разработанные в настоящее время алгоритмы, как правило, используются только для случая «sink-in». Поэтому важно установить границы их применимости исходя из различных сочетаний механических свойств металлов, которые и определяют процесс формообразования отпечатка. Цель настоящей работы – изучение отличий в форме и размерах образующегося пластического отпечатка при ударном и статическом внедрении сферического индентора, а также оценка факторов, влияющих на процесс формообразования и измеряемые значения характеристик материала.

Непосредственное измерение формы отпечатка представляет собой сложную задачу [3], особенно для динамического индентирования, для которого максимальные размеры отпечатка не превышают десятков микрометров. В связи с этим, было проведено моделирование ударного вдавливания жесткого индентора в упругопластическое полупространство, обладающее различным сочетанием предела прочности σ , коэффициента деформационного упрочнения n , предела текучести σ_t и модуля упругости E .

При моделировании диаметр индентора составил 2,5 мм, масса 5 г, предупредная скорость варьировалась в диапазоне 0,5–6 м/с.

С целью проверки адекватности разработанной конечно-элементной модели и задаваемых граничных условий было проведено сравнение получаемых результатов с известными работами при статическом внедрении индентора. На рис. 2

показаны данные расчетов параметра s/h , которые качественно и количественно совпадают с приведенными в [4] сведениями.

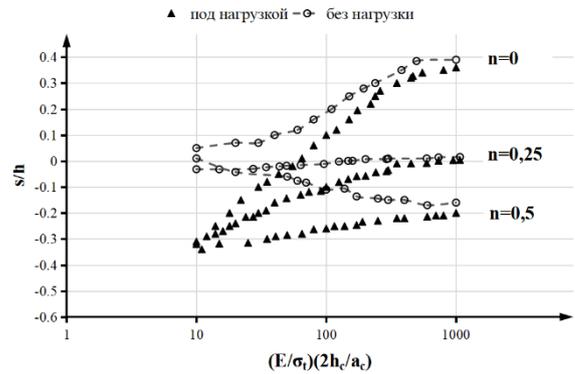


Рисунок 2 – Зависимость параметра s/h от $(E/\sigma_t)(2h_c/a_c)$ для упругопластических материалов с соотношением E/σ_t в пределах 200 – 2000 и n равным 0; 0,25 и 0,5 при статическом внедрении индентора

Для динамического внедрения картина изменения профиля отпечатка значительно усложняется. Как видно из рис. 3 существует более сложная связь между s/h и свойствами материала.

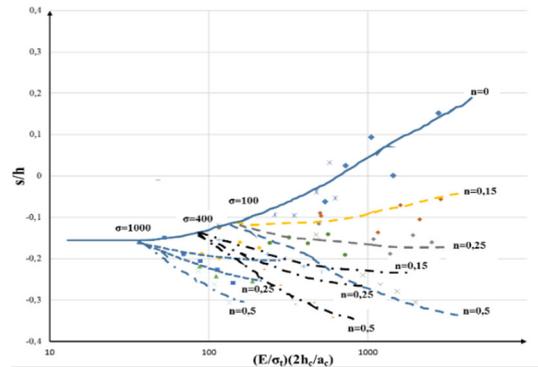


Рисунок 3 – Зависимость параметра s/h от $(E/\sigma_t)(2h_c/a_c)$, полученная при максимальной нагрузке материала при динамическом индентировании

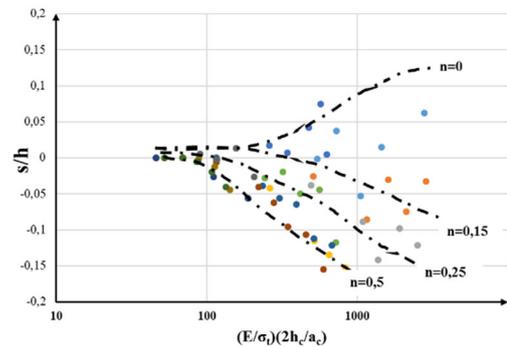


Рисунок 4 – Изменение параметра s/h при полной нагрузке материала

Для нагруженного индентором материала профиль поверхности будет определяться не только величиной $(E/\sigma_t)(2h_c/a_c)$, которая показывает насколько развитой является пластическая деформация, но и сочетанием значений σ_t и n .

В тоже время при разгрузке (рис. 4) характер зависимости схож с показанным на рис. 2. Здесь четко прослеживается влияние n , а предел текучести явным образом не оказывает воздействия на ход кривых.

При этом из рис. 4 четко заметно, что для динамического внедрения более характерно формирование отпечатка с прогибом поверхности. Навал образуется только для материалов, которые не испытывают упрочнения ($n = 0$). Поэтому разработанные ранее алгоритмы могут применяться для динамического индентирования с достаточной достоверностью.

Полученные результаты являются предварительными и требуют уточнения путем создания более совершенных моделей и проведения натуральных экспериментов. Они могут быть использованы при разработке оборудования для диагностики технического состояния металлов различных промышленных конструкций.

УДК 621.396.96

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕССА

Комиссарчик А.В., Тыдыкова О.В., Сушко А.А., Климов М.А., Исаев А.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В связи со спросом на модернизацию промышленного оборудования старого образца на аналоговом управлении, была разработана печатная плата управления для пресса однокривошипного простого действия КГ 2134 на базе микроконтроллера и проведено моделирование ее работы.

Ключевые слова: пресс однокривошипный, плата печатная, Altium Designer, микроконтроллер, алгоритм работы.

SIMULATION OF THE INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF THE PRESS

Komisarchyk A., Tydykova O., Sushko A., Klimov M., Isaev A.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. Due to the demand for modernization of old-style industrial equipment with analog control, a printed circuit board for a single crank simple action press KG 2134 based on a microcontroller was developed and its operation was simulated.

Key words: Single crank press, printed circuit board, Altium Designer, microcontroller, operation algorithm.

*Адрес для переписки: Исаев А.В., пр. Независимости, 65, Минск 220013, Республика Беларусь
e-mail: isaev0302@gmail.com*

В нынешнее время повсеместной цифровизации и цифрового метода обработки информации, промышленное оборудование произведенное на аналоговом принципе управления не отвечает современным требованиям и возможностям оборудования на цифровых интегральных схемах, хоть и его механическая часть способна выполнять и, даже, конкурировать с современными станками.

Промышленное оборудование образца 21 века обладает следующими возможностями: проверка на наличие человека в рабочей зоне оборудования и, соответственно, остановка до момента его удаления, автоматическая подача в рабочую зону

Литература

1. VanLandingham, M. R. Review of instrumented indentation Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology / M. R. VanLandingham. – 2003. Vol. 108, iss. 4. – P. 249–265.

2. Kren, A. P. Determination of the Strain-Hardening Exponent of a Metallic Material by Low-Speed Impact Indentation / A. P. Kren, V. A. Rudnitskii // Russian Metallurgy (Metally). – 2019. – № 4, vol. 12. – P. 28–34.

3. Исследование точности определения диаметра отпечатка при динамическом индентировании на основании оптических измерений / А. П. Крень // Оптические методы исследования потоков: Труды XVI Международной научно-технической конференции, 28 июня–02 июля 2021. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 260 с. [Электронное издание]. – С. 156–162.

4. Taljat, B. Development of pile-up during spherical indentation of elastic-plastic solids / B. Taljat, G. M. Pharr, // International Journal of Solids and Structures. – 2004. – Vol. 41, iss. 14. P. 3891–3904.