

**І.І.Половников**, д-р техн. наук,  
**В.І.Андрущак, Т.М.Задворнова**, інженери  
(ВАТ «Український науково-дослідний інститут шкіряно-взуттєвої промисловості»).

**О.М.Ващенко**  
(ВАТ «Київське металофурнітурне підприємство «Текстем»)

## Дослідження механічних властивостей захисних носків для взуття спеціального призначення

Травмування пальців ніг під час виконання низки робіт у різних галузях народного господарства України все ще має значну питому вагу. Тому протиударний захист пальців ніг досі є однією з основних вимог до спецвзуття, яке призначене в основному для робітників, що працюють за умов, де можливе травмування пальців ніг падаючим вантажем, а також для робітників, які виконують вантажно-розвантажувальні роботи.

Досвід експлуатації спецвзуття з металевими носками, яке випускається нині, свідчить про недостатні захисні властивості конструкції. У зв'язку з цим, за дорученням Міністерства промислової політики України, ВАТ «УкрНДІШП» в 2008 р. виконував роботу зі створення ресурсозберігаючої технології виробництва і конструкцій спеціального взуття для захисту ніг від агресивного середовища та механічних пошкоджень.

Один з розділів цієї роботи – пошук для виготовлення захисних носків матеріалів (металів) полегшених за масою, а також дослідження механічної міцності захисних носків, які виготовляють в Україні й інших країнах, – інститутом здійснено спільно з ВАТ «Київське металофурнітурне підприємство «Текстем»

Перелік захисних носків, які випускає промисловість України та інших країн подано у табл. 1.

ТАБЛИЦЯ 1

| Назва виробу                             | Країна    | Маса, г | Щільність |
|--|-----------|---------|-----------|
| Носок металевий з термостійким покриттям | Україна   | 93,35   | 7,9       |
| Носок металевий «Текстем»                | Україна   | 113,07  | 7,8       |
| Носок дюралюмінієвий з покриттям         | Україна   | 34,02   | 3         |
| Носок дюралюмінієвий                     | Україна   | 30,9    | -         |
| «SMAL» LN 12568 6522E 07 9R 3I.          | Італія    | 95,5    | -         |
| «SMAL» EN 12568 1604 10 L SD07 T-1604    | Італія    | 100,2   | -         |
| «SMAL» EN 12568 AM 9R S-507 t-AM         | Італія    | 94,5    | -         |
| OIN 32768 1432 6I.                       | Німеччина | 81,0    | -         |

Встановлено, що з усієї сукупності металів, з яких виготовляють захисні носки, найбільш придатними є два – технічний титан та дюралюміній. Ці метали легші, естетичніші на вигляд і витримують значні ударні навантаження.

Оскільки, вартість технічного титану дуже висока, використовувати його для виготовлення захисних носків для спеціального взуття недоцільно.

Як видно з табл.1, найменшу масу має носок, виготовлений з дюралюмінію (30,9 г). Застосування поліефірного чи епоксидного покриття для даних підносків надає їм естетичного зовнішнього вигляду, а також вони добре екранують променеве тепло.

Для проведення подальших досліджень механічної міцності вибрано захисні носки, виготовлені з дюралюмінію із захисним покриттям масою 30,9 г (див. рис. 1).

Випробування носків на міцність за динамічного навантаження здійснювали на універсальному копрі конструкції ВАТ «УкрНДІШП» (рис.2). Копер складається із станини 1, направляючих 2, механізму підйому вантажу 3, спускового механізму 4, поворотного опорного стола 5, касети 7 з набором змінних вагів 8, ударника 9, пристрою для запису тривалості удару 10 і підставки 11. Випробування проводили падаючим з висоти 1 м вантажем масою 20 кг. Ударник 6 має овальну форму з радіусом закруглення 40 мм.

Відстань від верхнього краю носка до ударника – 1 м. До проведення випробувань вимірювали висоту носка (Н) і заповнювали його пластиліном. Для випробування підносков установлювали на поворотний стіл копра. Кут нахилу поворотного стола визначали так, щоб профіль носка мав найбільшу спряженість з гранню ударника, кінці якого мають рівномірно виступати за передній та торцевий край носка.



Рис.1 – Захисний носок з дюралюмінію із захисним покриттям:  
а – вид зверху, б – вид знизу

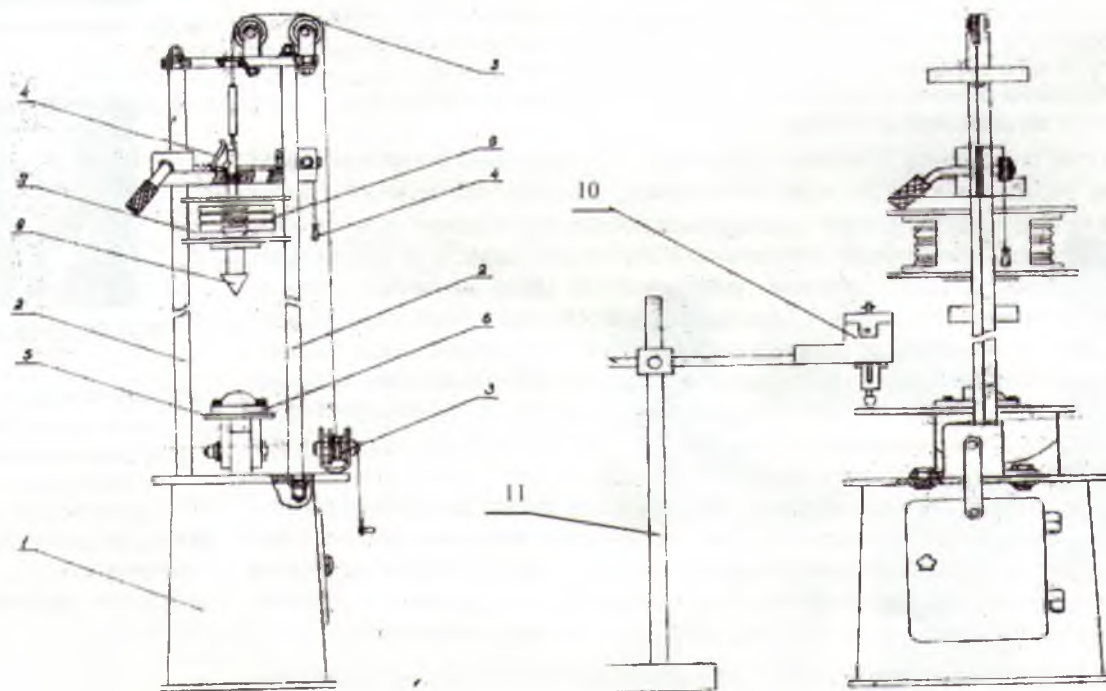


Рис.2 – Універсальний копер для випробування механічних властивостей захисних носків та інших деталей спеціального робочого взуття

Для випробування вмикали спусковий механізм, що вивільнював для вільного падіння касету з вантажем і ударником, який деформував носок.

Потім заміряли висоту пластиліну ( $\epsilon$ ) і висоту підноски після удару ( $h$ ).

Заміри записували до таблиці такої форми (табл.2):

ТАБЛИЦЯ 2

| Заміри підноски          |                 | Умови випробування падаючим вантажем |                           |   | Результати випробування                      |                                 |  |                                  |                                      |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|---|--|---------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| Висота початкова, мм (H) | Товщина, мм (d) | Маса вантажу, кг                     | Висота падіння вантажу, м | Форма ударника (тригранний з радіусом закруглення 3 мм) | Висота пластиліну після удару ( $\epsilon$ ) | Висота підноски після удару (h) | Деформація в момент удару ( $E_{уд}$ ) | Пружна деформація ( $E_{пруж}$ ) | Залишкова деформація ( $E_{залиш}$ ) |
| 57                       | 1,5             | 20                                   | 1                         | ---   | 49   | 55                              | 8                                      | 6                                | 2                                    |
| 56                       | 1,5             | 20                                   | 1                         | ---   | 45   | 46                              | 11                                     | 1                                | 10                                   |
| 56                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 43   | 48                              | 13                                     | 5                                | 8                                    |
| 56                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 47   | 50                              | 9                                      | 3                                | 6                                    |
| 55                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 51                              | 10                                     | 6                                | 4                                    |
| 55                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 47   | 50                              | 8                                      | 3                                | 5                                    |
| 55                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 44   | 50                              | 11                                     | 6                                | 5                                    |
| 57                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 44   | 51                              | 13                                     | 7                                | 6                                    |
| 56                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 49                              | 11                                     | 4                                | 7                                    |
| 55                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 47                              | 10                                     | 2                                | 8                                    |
| 56                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 50                              | 11                                     | 5                                | 6                                    |
| 59                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 51   | 53                              | 8                                      | 2                                | 6                                    |
| 58                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 46   | 49                              | 12                                     | 3                                | 9                                    |
| 52                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 43   | 48                              | 9                                      | 5                                | 4                                    |
| 59                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 52                              | 14                                     | 7                                | 7                                    |
| 57                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 46   | 51                              | 11                                     | 5                                | 6                                    |
| 61                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 48   | 57                              | 13                                     | 9                                | 4                                    |
| 57                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 45   | 49                              | 12                                     | 4                                | 8                                    |
| 55                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 44   | 47                              | 11                                     | 3                                | 8                                    |
| 56                       | ---             | ---                                  | ---                       | ---   | 44   | 48                              | 12                                     | 4                                | 8                                    |

Результати випробування визначали за формулами:

Деформація в момент удару  $E_{уд} = H - \epsilon$ ;  
 Пружна деформація  $E_{пруж} = h - \epsilon$ ;  
 Залишкова деформація  $E_{залиш} = H - h$ .

Процес деформації носка під дією статичного навантаження відрізняється від процесу його деформації під час удару. В даному випадку максимальна деформація виникає у разі повного прикладення заданого навантаження. Після зняття навантаження носок під дією сили пружності прагне повернутися до попереднього положення. Ступінь деформації носка після зняття навантаження характеризує пружнопластичні властивості матеріалу й захисні властивості носка.

Випробування міцності носків на статичне навантаження здійснювали на гідравлічному пресі. До проведення випробування вимірювали висоту носка (H). Носок установлювали загнутою гранню на нижню плиту преса, вмикали його і піддавали носок тиску з силою 2500 кг. Значення показань на манометрі підраховували за формулою:  $P = 2500 : S$ , де P – тиск і S – площа плунжера преса.

За досягнення заданого тиску вимірювали відстань між верхньою і нижньою плитами преса ( $\epsilon$ ), висоту носка після зняття навантаження ( $h$ ). Заміри заносили до таблиці такої форми (табл.3):

ТАБЛИЦЯ 3

| Заміри підноски          |                         |                      | Результати випробування  |  |   |                                      |  |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|--|--|---|--------------------------------------|--|
| Висота початкова, мм (H) | Середня товщина, мм (d) | Навантаження, кг (P) | Відстань між верхньою і нижньою плитами за досягнення заданого навантаження, мм ( $\epsilon$ ) | Висота носка після зняття навантаження, мм (h) | Деформація в момент прикладення навантаження, мм ( $E_{уд}$ ) | Пружна деформація, мм ( $E_{пруж}$ ) | Залишкова деформація, мм ( $E_{залиш}$ ) |
| 58                       | 1,5                     | 2000                 | 43   | 53   | 15  | 10                                   | 5  |
| 59                       | ---                     | 2250                 | 44   | 50   | 15  | 6                                    | 9  |
| 58                       | ---                     | 2400                 | 43   | 51   | 15  | 8                                    | 7  |
| 61                       | ---                     | 1750                 | 46   | 53   | 15  | 7                                    | 8  |
| 59                       | ---                     | 2400                 | 44   | 50   | 15  | 6                                    | 9  |
| 60                       | ---                     | 2100                 | 46   | 52   | 15  | 6                                    | 8  |
| 59                       | ---                     | 2000                 | 44   | 49   | 15  | 5                                    | 10                                       |

Результати випробування визначали за формулами:  
 Деформація в момент прикладення навантаження  $E_{уд} = H - \epsilon$ ;  
 Пружна деформація  $E_{пруж} = h - \epsilon$ ;  
 Залишкова деформація  $E_{залиш} = H - h$ .

Як видно із наведених у табл. 2 і 3 даних, найбільша деформація носка під дією падаючого вантажу (ударне навантаження) і під дією статичного навантаження спостерігається в момент удару або максимального прикладення навантаження. Значення деформації коливаються у визначених межах, тобто для повної характеристики процесу деформації необхідно визначити варіацію значень деформації, середню похибку, показник точності та кількість спостережень (див. табл.4).

ТАБЛИЦЯ 4

| Значення деформації носка в момент удару (Y) | Відхилення від середньоарифметичного (X) | Квадрат відхилення від середньоарифметичного (X <sup>2</sup> ) |
|--|--|--|
| 8  | -2,8                                     | 7,84   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 13   | +2,2                                     | 4,84   |
| 9  | -1,8                                     | 3,24   |
| 10   | -0,8                                     | 0,64   |
| 8  | -2,8                                     | 7,84   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 13   | +2,2                                     | 4,84   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 10   | -0,8                                     | 0,64   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 8  | -2,8                                     | 7,84   |
| 12   | +1,2                                     | 1,44   |
| 9  | -1,8                                     | 3,24   |
| 9  | -1,8                                     | 3,24   |
| 14   | +3,2                                     | 10,24  |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 13   | +2,2                                     | 4,84   |
| 12   | +1,2                                     | 1,44   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 12   | +1,2                                     | 1,44   |
| 11   | +0,2                                     | 0,04   |
| 12   | +1,2                                     | 1,44   |
| $\Sigma 117$                                 | -13,6                                    | $\Sigma X^2$   |
| M 10,8                                       | +14,6                                    | 60,60  |
|  | +1,0                                     | 0,65   |
|  |  | 61,25  |

Згідно з одержаними даними визначаємо такі показники:

1. Середньоарифметичне відхилення

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{10^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{60,65}{19}} = \pm 1,78 \text{ мм}$$

$$2 \sigma = \pm 1,78 \times 2 = \pm 3,56$$

2. Коефіцієнт змінності

$$V = \frac{100 \cdot \sigma}{j} = \frac{100 \cdot 1,78}{10,8} = 16,4$$

3. Середня похибка середньоарифметичного

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{1,78}{\sqrt{20}} = 0,4 \text{ мм}$$

4. Показник точності

$$P = \pm \frac{100 \cdot m}{M} = \frac{100 \cdot 0,4}{10,8} = 3,65$$

5. Кількість необхідних спостережень

$$n = \frac{v^2}{p^2} = \frac{16,4^2}{3,66^2} = 10,75$$

Таким чином, в 95% випадках значення максимальної деформації підноски в момент удару перебуває в межах 10,8 : 3,56 мм (6,24 : 14,36 мм).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безопасность производственных процессов (Под редакцией С.В.Белова) М., Машиностроение, 1985.
2. Толмач Д.В., Гетманец Р.А. Принципы обеспечения безопасности труда металлургов. М., Металлургия. 1985. 152 с.
3. Фоміна Т.Т. і інші. «Визначення амортизаційних властивостей матеріалів низу взуття та їх систем» Ж. «Шкіряно-взуттєва промисловість». 1988, №2, с.39-41.
4. Тонковід А.А. «Розрахунок і проектування взуття масового виробництва», Київ, Техніка. 1977.
5. Олійникова В.В., Біленко Н.Я., Свістунуова Л.Т. Довідник-каталог взуттєвника. К. КНУДТ. 2000.
6. Шварц А.С. Современные материалы и их применение в обувном производстве. М., 1976.