

УДК 621.9.019: 621.798.2: 620.111.1

**В. Несін**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДУМОВ ВИНИКНЕННЯ ТА ВІЗУАЛЬНОГО  
ВИЯВЛЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ЗАДИРОК НА ФРЕЗЕРОВАНИХ ГРЯНЯХ  
ПАКУВАННЯ З ЕКСТРУДОВАНОГО ПІНОПОЛІСТИРОЛУ**

**V. Nesin**

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security  
Service of Ukraine

**RESEARCH OF THE PREREQUISITES FOR THE APPEARANCE AND VISUAL  
DETECTION OF SURFACE BURRS ON THE MILLED FACES OF EXTRUDED  
POLYSTYRENE FOAM PACKAGING**

**Abstract.** The use of extruded polystyrene foam as packaging. Special milling of porous material. The formation of a rough, soft surface. Surface structure model. Formation of small particles of extruded polystyrene foam. Removal of small particles of material from a rough surface. Formation of surface burrs on milled faces. Description of an abstract model of burrs on milled faces. Definition of standard and addition special conditions for visual detection of burrs.

Для виготовлення пакування під багатокomпонентні пристрої в приладобудуванні застосовують різноманітні матеріали. Зокрема, такі як пресований пінопласт, ізолон, багатошаровий картон, фрезероване дерево, папір різної товщини та вологостійкості, пакувальні плівки, поролон та інші матеріали активно застосовуються при серійному виробництві. Виготовлення пакування для малих партій виробів, маються на увазі партії до 100 екземплярів, характеризується використанням універсального (неспеціалізованого) обладнання та уніфікованих процесів обробки. Перераховані вище широко вживані матеріали гарно зарекомендували себе при виготовленні пакування з використанням спеціалізованих процесів та спеціального обладнання в конвеєрному та потоковому виробництві. Для штучного та малосерійного виробництва для виготовлення пакування використовується стіродур або екструдований пінополістирол. Цей матеріал має будівельне призначення. Застосування його для пакування малих партій виробів, це нова якість матеріалу, що була виявлена, досліджена і впроваджена у практику діяльності [1].

Універсальний технологічний процес фрезерування екструдованого пінополістиролу або стіродуру (Рис. 1. Поз. 1 та Поз. 2) крім відходу стружки характеризується утворенням: 1) поверхневих витягнутих перпендикулярно до обробленої поверхні волокон (Рис.1. Поз.3), довжина яких визначає шорсткість механічно обробленої поверхні; 2) дрібних часток матеріалу, які електростатичною силою притягуються до поверхні матеріалу, розташовуються по ній в межах поверхневих витягнутих волокон; 3) поверхневих задирок на фрезерованих гранях у вигляді тонкої плівки. Основи задирок розташовані на гранях перетину фрезерованих площин.

Поверхневі витягнуті волокна в межах пружних можливостей матеріалу мають відносну рухливість навколо координатних осей  $X$  та  $Y$ . Навколо осі  $Z$  можуть скручуватися. Вздовж осей  $X$  та  $Y$  матеріал волокон протидіє зрізаючому зусиллю, а відносно осі  $Z$  протидіє розриву (Рис. 1. Поз. 3). Сумарною характеристикою волокон може бути схема гнучкого закріпленого стрижня (Рис. 1. Поз. 4). Волокна створюють певну шорсткість поверхні, яка м'яко фіксує в пакуванні елементи виробу. Дефектом волокна на оброблених поверхнях не виступають.

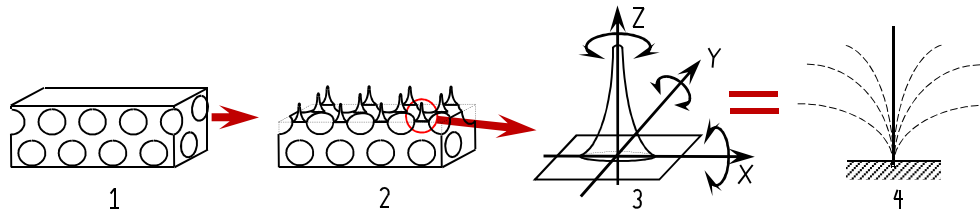


Рис. 1. Особливості утворення фрезеруванням та модель поверхневих витягнутих волокон

Дрібні частки матеріалу крім сили тяжіння та тертя піддаються силі електростатичного тяжіння. Погано прибираються з поверхонь звичайними технологічними засобами, такими як обдування стисненим повітрям. Додаткове протирання оброблених поверхонь зволоженою (але на мокрою) ганчіркою дозволяє перерозподілити статичний заряд між частками та виробом, розірвати зв'язки сил електростатичного тяжіння та прибрати дрібні елементи з готових деталей.

Поверхневі задирки на гранях утворюються внаслідок активного впливу ріжучого інструменту на матеріал. Крім різання відбувається зминання, розтяг, переміщення шарів матеріалу в безпосередній близькості від інструменту. Відбувається локальне подолання сил тертя між зсунутими шарами матеріалу, що зрізається. Відбувається локальне виділення теплоти, що змінює газонаповнену структуру. Утворюється тонкий суцільний спресований шар матеріалу у вигляді полімерної плівки. На етапі виходу інструмента за межі матеріалу утворена внаслідок складних локальних термічних та деформаційних процесів плівка з перетвореного полістиролу позбавляється реакції недеформованих шарів матеріалу і не зрізається фрезою. Таким чином на гранях перетину сформованих поверхонь виробу залишаються необрізаними поверхневі задирки у вигляді тонких полімерних плівок. Механічні властивості матеріалу в цих утвореннях мало відрізняються від основного матеріалу. Це стосується зокрема пружних та пластичних характеристик. Відсутнім на властивості є вплив спіненої структури. Тому задирки на гранях є суцільними короткими плоскими елементами закріпленими в основі по лінії перетину двох твірних поверхонь деталі.

Вказані задирки мають високу пластичність, малу товщину 0,01 ... 0,3 мм. Мають п'ять відносно вільних напрямків переміщення з 6 можливих (Рис. 2.). Вони міцно закріплені лише вздовж грані фрезерованих поверхонь матеріалу. Вздовж  $X$ ,  $Z$  і навколо  $X$ ,  $Y$  та  $Z$  – напрямки відносно вільних переміщень, вздовж вісі  $Y$  – напрямком значно обмежених переміщень.

За процедурою контролю поверхневих задирок на полімерних конструкційних матеріалах утворених після механічної обробки нормою для цих дефектів визначена величина від рівня шорсткості поверхні до 0,1 мм висоти.

Задирки орієнтовані в напрямку однієї з площин або під кутом до них, меншим чи рівним бісектрисі кута їх перетину. Найбільш імовірними напрямками орієнтації задирок залежать від умов виготовлення та зберігання виробів з цього матеріалу.

Зокрема за умови збільшеної вологості ( $>75\%$ ) та температури ( $>30^{\circ}\text{C}$ ) орієнтація напрямку розташування може становити  $0^{\circ}$  до однієї з двох твірних поверхонь грані. Такі поверхневі задирки можуть не проявитися у вигляді дефекту поверхні.

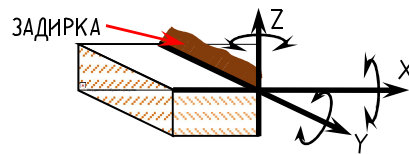


Рис. 2. Напрямки ступенів свободи задирок

Другою передумовою того, що поверхневі задирки можуть бути не виявленими візуально на фрезерованих гранях екструдованого пінополістиролу є певна прозорість для видимого світла. Однією з властивостей деяких полімерних матеріалів, в тому числі і газонаповнених по типу стіродуру, полягає в прагненні до прозорості для видимого світла (електромагнітного випромінювання діапазону 380 ... 790 нм) в тонких шарах матеріалу [2].

Третьою особливістю, що впливає на візуальне виявлення поверхневих задирок на гранях є малий візуальний контраст граней та задирок на них відносно основного контрольованого матеріалу.

Виходячи з викладеного, застосування візуально-оптичного методу неруйнівного контролю для виявлення поверхневих задирок на фрезерованих гранях пакування з екструдованого пінополістиролу може бути здійснене з врахування стандартних та додаткових умов проведення контролю.

До стандартних умов відповідно до EN 13018 [3] можна віднести: 1) Освітленість на рівні не менше 500 лк. 2) Відстань для візуального огляду від поверхні  $\approx 600$  мм. 3) Кут огляду  $>30^{\circ}$  до поверхні. Бажано оглядати перпендикулярно до поверхні.

Додатковими умовами проведення візуально-оптичного контролю фрезерованих граней для виявлення поверхневих задирок на деталях з екструдованого пінополістиролу мають бути: 1) Вологість приміщення в якому зберігається не менше 4 годин виготовлене пакування не більше за 75%. 2) Необхідна температура в приміщенні  $15 < T < 30^{\circ}\text{C}$ .

#### Література.

1. Юшков А.Г., Лахтадир С.Л., Несін В.В. Особливості використання матеріалу STURODUR в якості транспортного та експлуатаційного пакування багатоеlementних малогабаритних виробів: здатність до обробки, дефекти, контроль якості. *Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали науково-технічної конференції*, 30...31 травня 2016 р., м. Київ / за ред. Р. В. Лютий, І. М. Гурія. м. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. С. 159-160.

2. Несін В.В., Франков О.С. Дослідження технології виконання та перевірки якості гравіювання поверхонь матеріалів з особливими органолептичними властивостями із застосуванням контрастних барвників. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2021, №4, С. 54-57.

3. ДСТУ EN 13018:2017 Неруйнівний контроль. Візуальний контроль. Загальні принципи (EN 13018:2016, IDT).