

УДК 621.87

В.Д. Рудь, І.В. Савюк

Луцький національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

У статті наведено схему та конструкційні особливості нового трьохкомпонентного токарного динамометра на основі тензодатчиків. Особливість його полягає у здатності одночасно вимірювати та фіксувати сили різання при точінні одразу у трьох напрямках: осьовому, радіальному та тангенціальному.

Ключові слова: динамометр, аналогово цифровий перетворювач, тензодатчик, тарування, шарнір, розривна машина.

Постановка проблеми. Обробка різанням є основним технологічним прийомом при виготовленні деталей машин і механізмів. Її трудомісткість в більшості галузей машинобудування значно перевищує трудомісткість ливарних, кувальних і штампувальних процесів, взятих разом.

Обробка різанням має досить високу продуктивність, відрізняється винятковою точністю, універсальністю і гнучкістю. У цьому полягає її перевага перед іншими методами формоутворення особливо в індивідуальному і дрібносерійному виробництві.

Сучасне машинобудування потребує досить високої продуктивності праці при мінімальній затраті ресурсів. Оптимізувати процес обробки можливо по результатах вимірювання сил різання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Силу різання P , прийнято розділяти на складові сили, направлені по осях координат верстату, (тангенціальну P_z , радіальну P_y та осьову P_x).

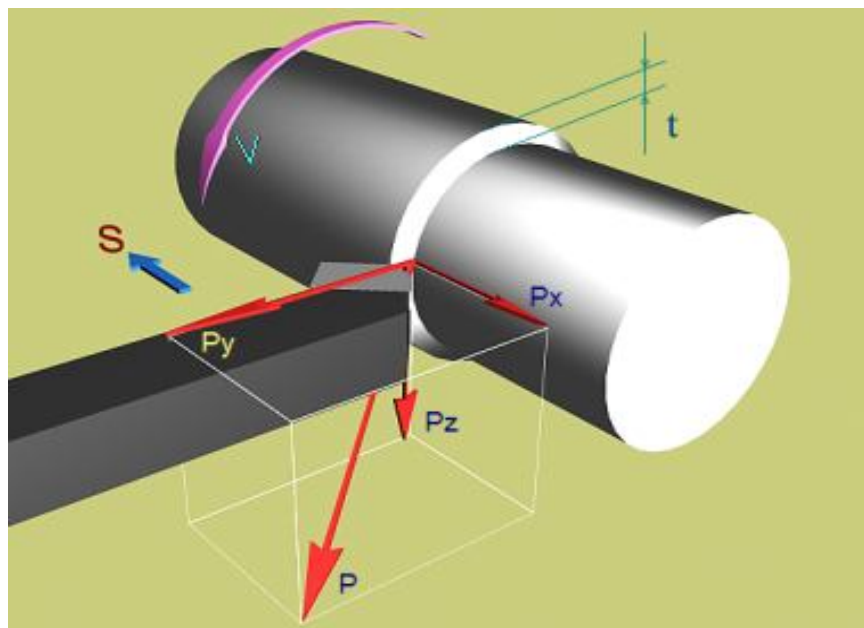


Рис. 1. Сили що діють на різець при обробці

Для розрахунку сил різання користуються загально прийнятою формулою: [1,2]

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (1)$$

де C_p коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу; t - глибина різання, мм; s - подача, мм /об; v - швидкість різання, м/хв. Значення C_p та показників степеню для конкретних умов приведені в різноманітних нормативних матеріалах. K_p - поправочний

коефіцієнт відповідно до оброблюваного матеріалу. Співвідношення сил P_z , P_y і P_x залежить від елементів ріжучої частини різця та режимів різання.

Окрім числового розрахунку сил різання, для вимірювання сил P_z , P_y і P_x при точінні використовують трьохкомпонентні динамометри. Експериментальні динамометри розділяють на три типи: гідравлічні, механічні та електричні. Однак незалежно від конструкції вони складаються з наступних основних частин: датчика сприймаючого навантаження, пружна деформація якого безпосередньо або з використанням зв'язаних з нею явищ служить основою для виміру сил різання; приймача виконуючого реєстрацію навантажень; допоміжних ланок зв'язуючих датчик з приймачем. Гідравлічні динамометри мають обмежене застосування по причині великої інертності важільно-поршневої системи. В наслідок чого покази відстають від швидко протікаючих процесів, і не показують дійсну картину вимірів сил різання по часу. А також по причині малої чутливості. Механічні динамометри мають ті ж недоліки що і гідравлічні. Електричні динамометри на відмінно від двох попередніх мають досить високу чутливість та точність показів. Поділяються на три види: ємнісні, індуктивні та тензометричні. В ємнісних динамометрах сила різання через державку різця передає переміщення пружної пластини конденсатора, змінюючи його повітряний зазор, і відповідно і ємність конденсатора. Зміна ємності конденсатора приводить до зміни сили струму, яка реєструється гальванометром. Однак такий вид динамометра не дозволяє чітко зафіксувати момент сили. [3]

Індуктивні динамометри основані на зміні індуктивності струмонесучого контуру, а відповідно і сили струму в обмотці в залежності від повітряного зазору між феромагнітними тілами. Таким чином зміна сили різання впливає на величину реєстрованого струму. Недолік такого динамометра як і в попереднього.

Тензометричні динамометри ґрунтуються на здатності провідників діаметром від 0,015 до 0,06 мм із сплаву ніхром-константан вимірювати опір при деформації.

Невирішені частини проблеми. Основним і найбільшим недоліком розглянутих токарних трьохкомпонентних динамометрів є неможливість чіткої фіксації показів приймача в режимі реального часу.

Метою дослідження було вдосконалення динамометра здатного одночасно знімати покази з трьох напрямків прикладання сили, та фіксувати їх через певні проміжки часу для виведення середнього значення сили по кожному з напрямків.

Основні результати дослідження. На кафедрі комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького НТУ вдосконалено токарний динамометр з використанням тензорезисторів, який здатний фіксувати зусилля прикладені до різця в трьох напрямках одночасно та передавати до комп'ютера через аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) дані вимірів в режимі реального часу.



Рис. 2. Трьохкомпонентний динамометр на основі тензодатчиків в зборі

Тензодатчики наклеєні на пластини з високоякісної інструментальної сталі У8А товщиною 0,9 мм. матеріал пластини володіє досить високою міцністю та пружно деформується при прикладенні до нього сили. Тензодатчики вибирались базою 20 мм та опором 200 Ом. Послідовність наклеювання: Наждачним папером (№1) зачищаються поверхні місця наклейки тензодатчиків, протераються спиртом тензодатчики з двох сторін, наноситься тонкий шар клею на місце спайки проводів із сторони робочої поверхні тензодатчиків, сушіння-30 хв. при кімнатній температурі. Потім наноситься тонкий шар клею на всю робочу поверхню тензодатчиків та деталі, захвативши конденсаторний папір. Повторне сушіння 30 хв. Накладаються датчики на пружні пластини і щільно їх притискають. Термообробка: сушіння в печі 24 години при температурі 40-50 °С; 2 години - 70 °С; 5 годин - 140°С. Охолодження - разом з піччю. Нижче місця спайки проводів на 1,5-2 мм приклеюються колодочки з склотекстоліту для приєднання проводів. Для наклейки використовують клей БФ-2.

Схема підключення тензодатчиків. Для підвищення достовірності показів підключення відбувається за напів мостовою схемою. При такій схемі підключення датчики наклеюються з обох сторін пластини. При роботі вони працюють одночасно.

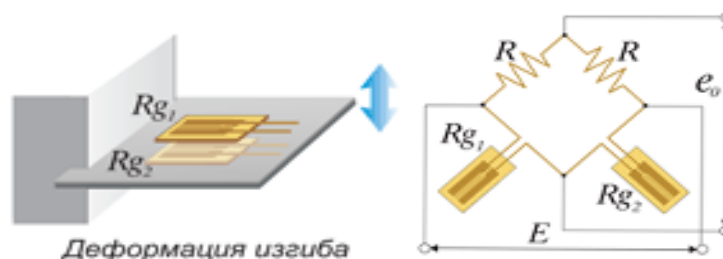


Рис. 3 Схема підключення тензодатчиків

Тарування. При таруванні пластин використовували механічний динамометр ДОСМ-3-0,05 (ГОСТ 13168-69). Через який за допомогою розривної машини ИП 5047-50 навантажували пластину з відповідним значенням сили. З метою зменшення похибок, тарування проводилось при зібраному динамометрі, в умовах близьких до умов експерименту.

Таблиця 1

Тарувальна залежність при навантаженні та розвантаженні пластини для осі P_y .

Навантаження кг.	Покази індикатора	Навантаження мВ.	Розвантаження мВ
3	1,36	1168	1872
5	1,60	1376	2174
10	2,21	1982	2877
15	2,81	2545	3479
20	3,41	3188	4076
25	4,01	3748	4607
30	4,61	4257	5100
35	5,22	4805	5583
40	5,81	5260	5881
45	6,41	5697	6041
50	7,00	6201	6201

Для фіксації показів тензодатчиків використовувалась спеціально розроблена програма *dupamo*. Вікно якої представлено на рисунку 4.

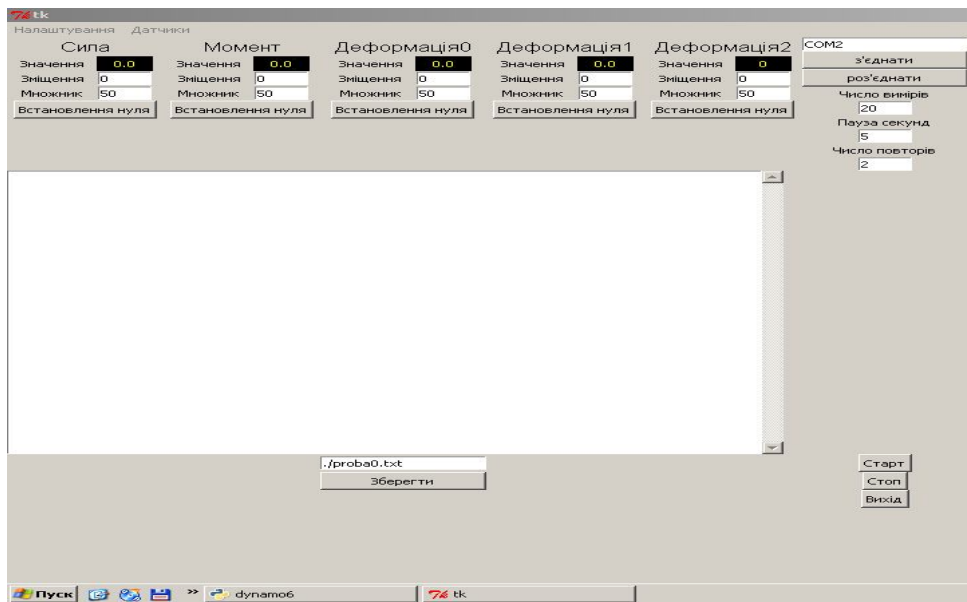
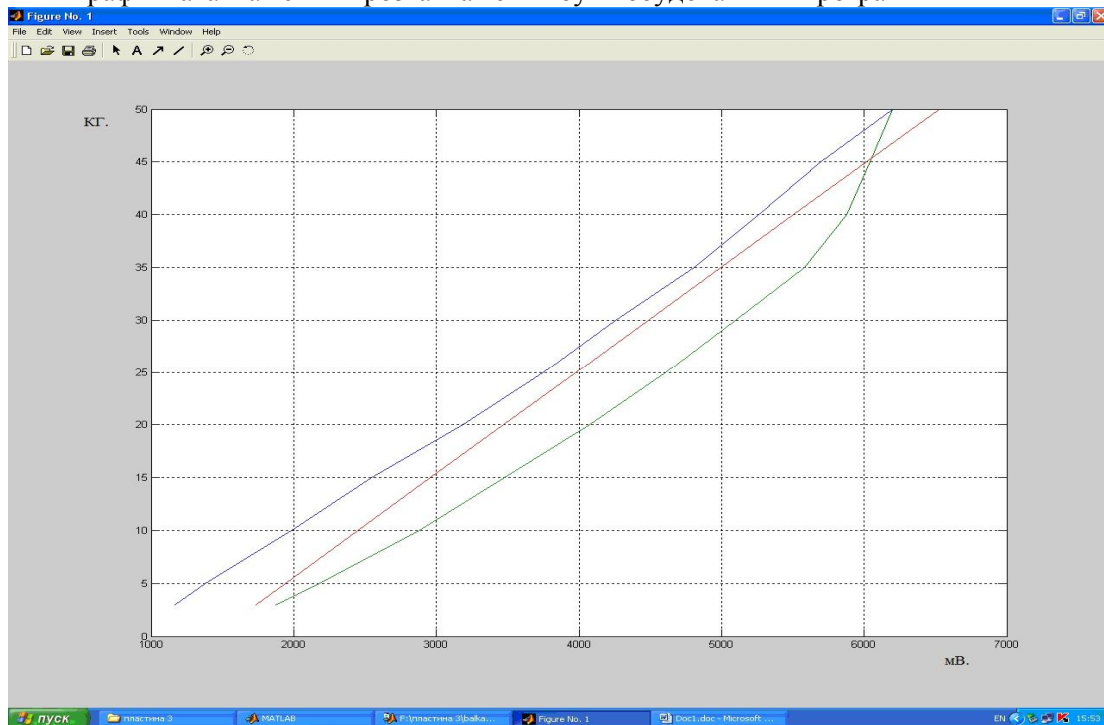


Рис. 4. вікно програми dynamo

Графік навантаження - розвантаження був побудований в програмі MATLAB

Рис. 5. Тарувальний графік для осі P_y

Принцип роботи динамометра. Динамометр встановлюється на верстат замість різцетримача. Різець закріплюється на балку, яка в свою чергу через кульки передає зусилля на пластинки з датчиками. З метою зменшення тертя між балкою та корпусом, балка зверху і знизу з'єднана з корпусом через кульку, яка відіграє роль шарніра. При роботі тиск який створюється на пластинках, тензодатчики передають через АЦП на комп'ютер. Оскільки при точінні відбуваються динамічні навантаження, то з метою встановлення середнього значення сили по кожній з осей, програма фіксує значення сили з інтервалом 1 секунда та висвітлює на моніторі або записує у пам'ять комп'ютера середнє значення сили за визначений проміжок часу.

Висновки. Дослідивши працездатність тензометричного динамометра і порівнявши отримані результати з іншими методами вимірювання сил різання прийшли до висновку:: даний

© В.Д. Рудь, І.В. Савюк

динамометр придатний для використання в наукових цілях, та з метою експериментальних досліджень сил різання при точінні. Експериментально підтверджено малу інерційність реєстрації та високу точність показів.

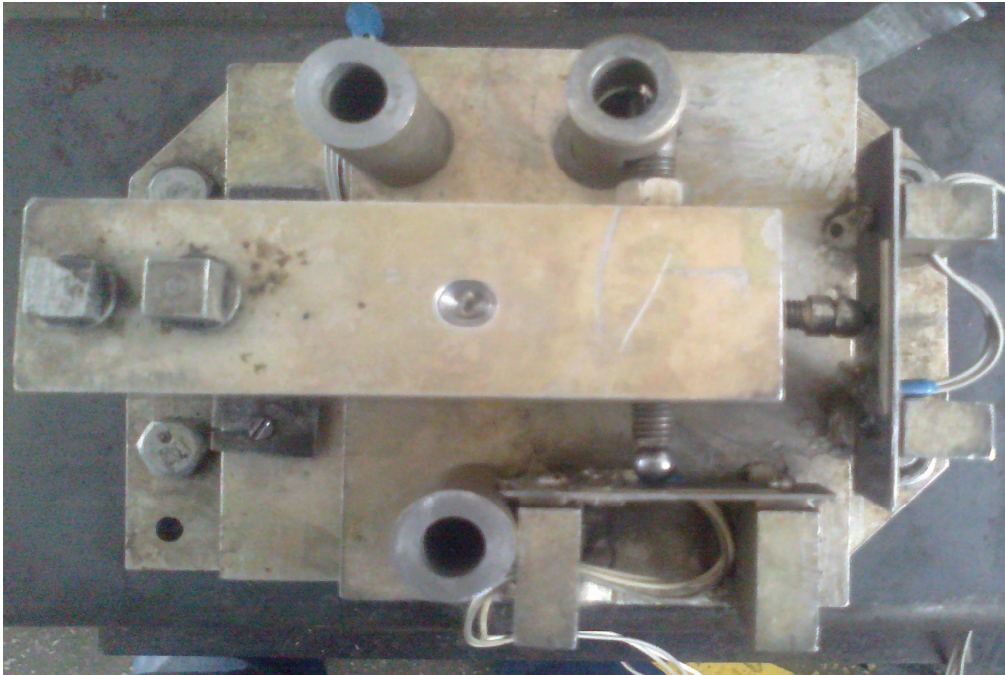


Рис. 6. Динамометр в розібраному вигляді.

1. Справочник технолога – машиностроителя: В 2 т./ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1985.; Т.2 – 496 с.
2. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ.ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988 – 736 с.
3. Станочные приспособления. Справочник. В 2-х т. / Под ред. В.Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984 – Т1 – 592 с.; Т2 – 656 с.