

ФОРМООБРАЗУВАНЕ НА ВЪТРЕШНИ РЕЗБИ С МЕТЧИЦИ**Христо Радев**hradew81@tugab.bg

катедра МТТ, ТУ-Габрово, 5300, БЪЛГАРИЯ

FORMATION OF INTERNAL THREADS WITH TAPS**Hristo Radev**

Technical university Gabrovo

Abstract

Taps are the most widely used tools for processing internal fastening threads with diameters up to 12 mm. The article examines the constructions of cutting and deforming taps, as well as taps forming the threaded surface by combining two methods of shaping - cutting and plastic deformation. Based on the analysis and comparison of the advantages and disadvantages of the presented tools, the expediency of using combined cutting-deforming taps has been proved, as well as the need to optimize their constructive and geometric elements and the processing conditions of materials with different physicomechanical properties.

Keywords: internal threading, forming methods, threading tools, taps, rolling taps, cutting-deforming taps.

ВЪВЕДЕНИЕ

Формообразуването на резби е една от най-разпространените технологични задачи в машиностроенето.

Основните проблеми в този случай са свързани, както с постигането на изискваната точност и грапавост на резбовите повърхнини, така и с недостатъчната якост и надеждност на използваните инструменти за резби с диаметър до 12mm. [1-5], [23], [24]. Това налага непрекъснато усъвършенстване на конструкциите на инструментите, оптимизация на геометрията на работните им части и подобряване на технологията за изработването им. Съществува голямо разнообразие от инструменти за обработване на вътрешни резби- резбонарязващи ножове, резбонарязващи фрези, метчици и др., като метчиците са основни инструменти за обработването на резби до 12mm.

В статията са представени основни конструкции на метчици, работещи чрез рязане, пластично деформиране и чрез комбинация от двата метода, определени са техните предимства и недостатъци и са систе-

матизирани техните области на приложение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се избере подходящ метод и инструмент за обработка на дадена вътрешна резба, е необходимо да се вземат под внимание редица фактори, по-важни от които са: физико-механичните свойства на обработвания материал (твърдост, якост на опън, относително удължение и др.), точността на обработената резба, производителността на процеса на формообразуване и др.

Резбонарязващите метчици са едни от най-разпространените инструменти за формообразуване на резби (фиг. 1), като могат да бъдат за ръчно или машинно нарязване на резби в светли и глухи отвори. Метчикът представлява винт с нарязани прави или винтови режещи канали, които образуват режещи ръбове, навлиза аксиално в обработвания детайл, като нарязва резба до определена дълбочина в отвора (частична резба) или през целия отвор (проходна резба).



Фиг. 1. Общ вид на режещ метчик с прав (а) и винтов (б) стружков канал

Метчикът се състои от работна част и опашка, а работната част-от режеща и калибровача част. Режещата част е основен конструктивен елемент на метчика [1-4], който сменя почти цялата прибавка в процеса на формообразуване на резбата. Тя се оформя като пресечен конус, по конусната повърхнина на който се разполагат режещите зъби, така че да се формира определена схема на изрязване на прибавката. Винтовите стружкови канали на метчиците осигуряват надеждно отвеждане на стружките и плавна работа на метчика.

Калибровачата част осигурява необходимата точност и грапавост на формираната резба, служи за направляване и подаване на метчика в процес на работа. При ръчно нарязване на резба, за да се намали възникващият въртящ момент и да се осигури високо качество на нарязваната резба, се използват комплекти от метчици, като по този начин се постига разделяне на работата при изрязването на прибавката.

Метчиците се изработват предимно от бързорежеща стомана, но в последните години все по-често и по методите на праховата металургия-металокерамични твърди сплави, в комбинация с различни покрития (фиг. 2), [22-24], например от титаниев нитрид (TiN). Комбинирането на покрития и смазочно-охлаждаща течност значително намаляват триенето и удължават живота на метчика като така понижават риска от счупване и износване.



Фиг. 2 Метчици с TiN покритие

Метчиците работят при тежки условия и поради това до 80% от тях, особено тези с малки диаметри, се разрушават в процеса на работа, преди да са достигнали допустимото си износване. Изследванията показват, че с намаляване на диаметрите на тези инструменти се увеличава вероятността работната им част да се разруши [2, 6-13]. Вероятността метчикът да се разруши се увеличава, когато нарязваната резба е с дължина по-голяма от $1,5 \div 2$ от диаметъра на метчика.

Най-голямото предимство при нарязването на резби с метчик е минималното време за обработка. Модерните резбонарезни автомати могат да обработят редица отвори само за част от времето, което е необходимо за обработка с резбонарезни фрези, при което може да се постигне обработване на по-дълбоки отвори в по-твърди материали, като закалени стомани.

Основен недостатък на резбонарезните метчиците е, че не гарантират необходимата надеждност при работа, както и качеството на получената резба. Не винаги може да се осигури резба с изискваната точност и стабилно качество поради излизане на размерите на резбата извън границите на допусковото поле и несъответствие на реалния профил на резбата с номиналния.

За подобряване на качеството на резбовите повърхнини се използват деформиращи метчици (Фиг.3), [5], [7], [9], [10], [14-17], [22], [24].

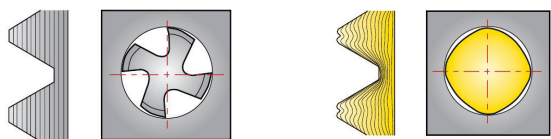


Фиг. 3 Деформиращ метчик

Деформирането (валцоването) на резби е процес, при който профилът на резбата се получава чрез студено пластично деформиране, без да се сменя стружка. За тази цел инструментът натиска върху заготовката, деформира метала по повърхността и придава своя профил на резбата върху самата заготовка. Деформиращият метчик (Фиг. 3)

се състои от конусна формообразуваща част с конусна резба и калибровача част с цилиндрична резба. В напречно сечение формообразуващата и калибровачата част имат многостенна форма. Резбата може да бъде с пълна височина по целия периметър или само по върховете на многостена. Формообразуването чрез валцовачи метчици има следните предимства:

- Нарязване без стружки (Фиг.4), [22-24]: тъй като резбите са оформени а не са отрязани, няма стружки, които да пречат на процеса на формообразуване или да причиняват проблеми с отстраняването на стружки в глухи отвори. Това води до отлично качество на повърхността на резбата, елиминира риска от некачествени резби поради аксиално „неправилно рязане“, увеличава статичната и динамична якост на резбите и позволява повишени скорости на работа. Понеже обработената повърхнина е студено валцована произведените резби обикновено са по-здрави и имат гладка, полирана повърхност.



Фиг. 4 Безстружково формообразуване

- По-висока якост на резбите, тъй като структурата на метала на формираните резби не се изрязва, а следва контура на профила на резбата.

- По-здрава сърцевина на метчика постигната от елиминирането на стружкови канали поради липсата на стружки, което води до по-солидна конструкция на инструмента.

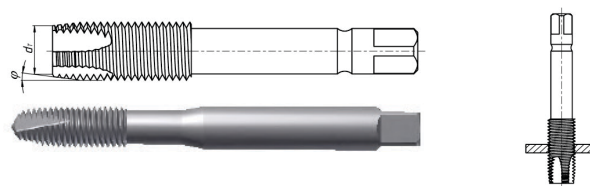
- Деформиращите метчици имат по-голяма дълготрайност превишаваща от 3 до 20 пъти тази на режещите метчици, тъй като нямат режещ ръб, който да се износи, и позволяват по-високи скорости на рязане.

Използването на деформиращите метчици е ограничено от физико-механичните свойства на обработваните материали. Обработване на непластични материали е нецелесъобразно, поради възникването на го-

леми натоварвания, водещи до намаляване на трайността на инструмента. При безстружковите метчици има и ограничение по отношение на стъпката на обработваната резба [1], [2], [6], [7], [14], [18], [22-24]. Обработват се обикновено материали като стомани, леки метални сплави и цветни материали с якост на опън под 1200 N/mm^2 и деформация на разрушаване до 5%.

Анализът на предимствата и недостатъците и качествената оценка на обработването на резби с режещи и деформиращи метчици [2-4], [8], [9], [15], [18-20] показват целесъобразността от използването на комбинирани метчици, формиращи резбовата повърхнина в непластични материали чрез съчетаване на двата метода на формообразуване – рязане и пластична деформация. Целта е обезпечаване на високо качество на вътрешните резби по отношение на геометрична точност, грапавост и якостни параметри, съчетани с повишена якост и надеждност на инструментите.

Известни са различни конструкции режещо-деформиращи метчици (Фиг. 5), които имат сходни конструктивни елементи и приблизително еднакъв принцип на работа [1-4], [6], [9], [13-16], [20], [21]. Основната разлика на тези метчици спрямо стандартните режещи метчици е отсъствието на стружкови канали по повърхността на калибровачата част.



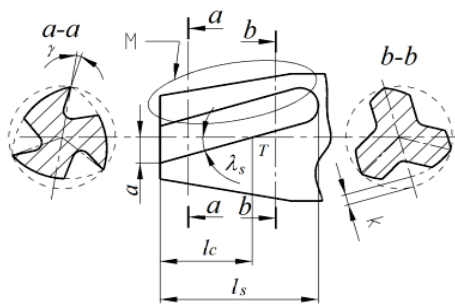
Фиг.5 Комбиниран режещо – деформиращ метчик

Разликите в конструктивното оформяне на формообразуващата част е най-съществената част при тези инструменти. При една от конструкциите тя е изпълнена с наклон по външния диаметър и по профила на резбата, като режещият участък е с прави, променливи по форма стружкови канали. Правото разположение на стружковите канали позволява попадане на стружки в зоната на пластично деформиране, което намалява качеството на обработената резба,

увеличава въртящия момент и влошава надеждността на работа на инструмента.

Друг вариант режещо-деформиращ метчик които няма този недостатък е с винтови стружкови канали, дъното на които е разположено под ъгъл спрямо оста на инструмента. Разположението на стружковите канали по винтова линия с направление, обратно на направлението на резбата, осигурява отвеждането на стружките напред, предпазвайки деформиращата и калибровачката част от попадане на стружки. Тази конструкция позволява получаването на резба с повишена якост, но не гарантира висока точност при нарязване на вътрешни резби с малки диаметри в труднообработваеми стомани и сплави.

За гарантиране на висока точност и якост при нарязване на вътрешни резби с малък диаметър в непластични материали е разработена нова конструкция режещо-деформиращ метчик [3], [4], фиг.6. Работната му част се състои от конусна формообразуваща и от калибровачка част. Формообразуващата част включва режеща част с прави или винтови стружкови канали с необходимата за рязане геометрия и деформираща част.



Фиг.6 Нова конструкция режещо – деформиращ метчик

Дължините на режещата и уплътняващата част се определят от мястото на пресичане на наклонения под ъгъл λ_s стружков канал с осовата равнина на метчика. Зъбите намиращи се преди точката на пресичане са режещи с положителен заден ъгъл, а тези разположени след тази точка са уплътняващи поради отрицателния си заден ъгъл. Според местоположението и дължината на стружковите канали спрямо формообразуващата част и стойността на ъгъла λ_s , се

наблюдават различни комбинации реализирани метчикът като режещ или режещо-деформиращ. Метчикът работи като режещо-деформиращ когато е с наклонени стружкови канали и формообразуващата му част е с по-голяма или равна на режещата част дължина. Ако формообразуващата му част е по малка от режещата, тогава метчикът работи като режещ и част от калибровачните зъби също извършват рязане. Формата на напречното сечение на деформиращата част е еднаква с тази на напречното сечение на калибровачката част и е оформена и затилована като на безстружков метчик, което способства за увеличаване якостта на инструмента.

При обработване на резба с тези инструменти присъстват както елементи на процеса рязане, така и елементи на процеса пластично деформиране, тъй като комбинираният инструмент има и режещи, и деформиращи зъби. Режещата част изрязва цялата или по-голяма част от прибавката по различни схеми, както класическите режещи метчици, а деформиращата част дооформя и уякчава резбата чрез пластично деформиране.

При използване на комбинирани режещо-деформационни метчици процесът на формообразуване и на тяхната работоспособност зависят от много фактори по-важни от които са:

- дължина на режещата и уплътняващата част;
- брой на стружковите канали и техния ъгъл на наклона λ_s ;
- схема на изработване на формообразуващата част;
- диаметър на предварително пробития отвор и съотношение между прибавките за пластично деформиране и рязане;
- геометрични параметри на инструмента (преден ъгъл γ , заден ъгъл α и др.);
- характера на обработваемия материал (твърдост, химичен състав, структура и др.);
- мажещо-охлаждаща течност;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С оглед практическото приложение на различните конструкции метчици при обработване на различни материали е необходи-

мо да се подбере правилният инструмент и метод на обработка в зависимост от твърдостта на материала и неговата податливост на пластична деформация.

При избор на режещ метчик трябва да се вземат под внимание фактори както: конструкция на инструмента (стъпка, диаметър на резбата, брой канали), геометрични елементи (ъгъл на наклона на стружковия канал, преден ъгъл, заден ъгъл), обработваем материал (твърдост, химичен състав и структура), дължина на резбата, вид на отвора (глух или проходен), мажещо-охлаждаща течност (вид, метод и интензивност на подаване в зоната на формообразуване), режим на обработка и други.

При използване на валцоваци метчици по метода на студената пластична деформация, трябва да се съобразява якостта на опън и деформацията на разрушаване на обработвания материал, както и ограничението по отношение на стъпката на обработваната резба.

При обработка с комбиниран режещо-деформационен метчик освен всички други фактори, които, влияят на обработката е необходимо и да се определят оптимални стойности на съотношението между прибавките за пластично деформиране и рязане, в съответствие с обработваемия материал. Това е необходимо условие за интензифициране на процеса на формообразуване на резбата при повишаване на качеството ѝ по отношение на точност, грапавост и якостни параметри.

REFERENCE

1. Kanareev, F., P. Novikov, A. Shabelkov. New designs of deforming taps. - Bulletin of the Tula State University, Tula State University. Technical sciences, 2016, No 8, part 1, 315-321
2. Kanareev, F., A. Kharchenko, P. Novikov, Investigation of resistance and torque during the operation of cutting-deforming taps. VISNIK SEVNTU, 2013, No 139, 96-100
3. Nikolova-Pencheva, M., I. Alexandrova, J. Mitev. Methods and tools for forming internal fastening threads. Report from the National Conference on Mechanical Engineering , September 9-10, 2017, Varna
4. Aleksandrova, I.S., Ganev, G.N. Combined cutting-deforming taps

- (2013) Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 59 (2), pp. 106-111.
5. Bratan, S., Novikov, P., Roshchupkin, S. Application of Combined Taps for Increasing the Shaping Accuracy of the Internal Threads in Aluminium Alloys (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 802-808. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.115
6. Novikov, P., F. Kanareev, S. Bratan. Modeling of force interactions during shaping of threaded surfaces with cutting-deforming taps. Collections of scientific works of NTU "KhPI": Development and Instrument in Technological Systems, 2012, No 82, 208-215
7. Uralpov GP, Menshakov VM, Sereda VS, Determination of diameters of chipless taps (1970) Vestn Mashinostr, (8), pp. 74-76.
8. Brandão, G.L., Silva, P.M.C., de Freitas, S.A., Pereira, R.B.D., Lauro, C.H., Brandão, L.C. State of the art on internal thread manufacturing: a review (2020) International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 110 (11-12), pp. 3445-3465. DOI: 10.1007/s00170-020-06107-x
9. Brzhozovsky, B., O. Zakharov, V. Rust. Progressive combination tap design for tough materials. - Scientific works SWorld, 2, 2013, No 2, 71-73
10. Kirichek A.V., Afonin A.N. Progressive technologies of hardening and shaping of threads by rolling // Science-intensive technologies in mechanical engineering, 2011, No. 3 (03). - S. 3 - 7.
11. Maciel, D.T., Filho, S.L.M.R., Lauro, C.H., Brandão, L.C. Characteristics of machined and formed external threads in titanium alloy (2015) International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 79 (5-8), pp. 779-792.
12. Polvorosa, R., de Lacalle, L.N.L., Egea, A.J.S., Fernandez, A., Esparta, M., Zamakona, I. Cutting edge control by monitoring the tapping torque of new and resharpened tapping tools in Inconel 718 (2020) International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 106 (9-10), pp. 3799-3808. DOI: 10.1007/s00170-019-04914-5
13. Malkov, O., A. Malkov, A. Litvinenko, L. Malkova. An overview of the designs of combined tools for the manufacture of complex profile holes. Reference Engineering Journal, 2002, No10, 49-57
14. Menshakov V.M., Uralpov G.P., Sereda V.S. Chipless taps. M.: Mechanical engineering. 1976.

15. De Oliveira, J.A., Ribeiro Filho, S.L.M., Brandão, L.C. Investigation of the influence of coating and the tapered entry in the internal forming tapping process (2019) International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 101 (1-4), pp. 1051-1063. DOI: 10.1007/s00170-018-3011-9
16. Heiler, R. Cold thread Forming - The chipless alternative for high resistant internal threads (2018) MATEC Web of Conferences, 251, art. no. 02046, DOI: 10.1051/mateconf/201825102046
17. Kirichek A.V., Afonin A.N. Thread rolling. Technologist's library. - M.: Mashinostroenie, 2009. -- 312 p.
18. Geßner, F., Weigold, M., Abele, E. Measuring and modelling of process forces during tapping using single tooth analogy process (2021) Production Engineering, 15 (1), pp. 97-107. DOI: 10.1007/s11740-020-01004-4
19. Pereira, I.C., da Silva, M.B. Study of the internal thread process with cut and form taps according to secondary characteristics of the process (2017) International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 93 (5-8), pp. 2357-2368. DOI: 10.1007/s00170-017-0573-x
20. Rejzek, M., Jersák, J., Votoček, J. The influence of process fluids on the machining process and forming internal threads (2016) Manufacturing Technology, 16 (4), pp. 793-799.
21. Saito, Y., Takiguchi, S., Yamaguchi, T., Shibata, K., Kubo, T., Watanabe, W., Oyama, S., Hokkirigawa, K. Effect of friction at chip-tool interface on chip geometry and chip snarling in tapping process (2016) International Journal of Machine Tools and Manufacture, 107, pp. 60-65. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2016.05.004
22. <https://cuttingtools.ceratizit.com/de/de/komet-redirect.html> - 09.2021
23. <https://guehring.com/wp-content/> - 09.2021
24. <https://www.emuge.com/products/tool-holders/tap> - 09.2021