

VRTÁK CZ 005

NOVÝ ČLEN RODINY

Dá se ještě něco změnit na geometrii spirálových vrtáků z rychlořezných ocelí? Pevně věřím, že následující příspěvek vám odpoví na tuto otázku.

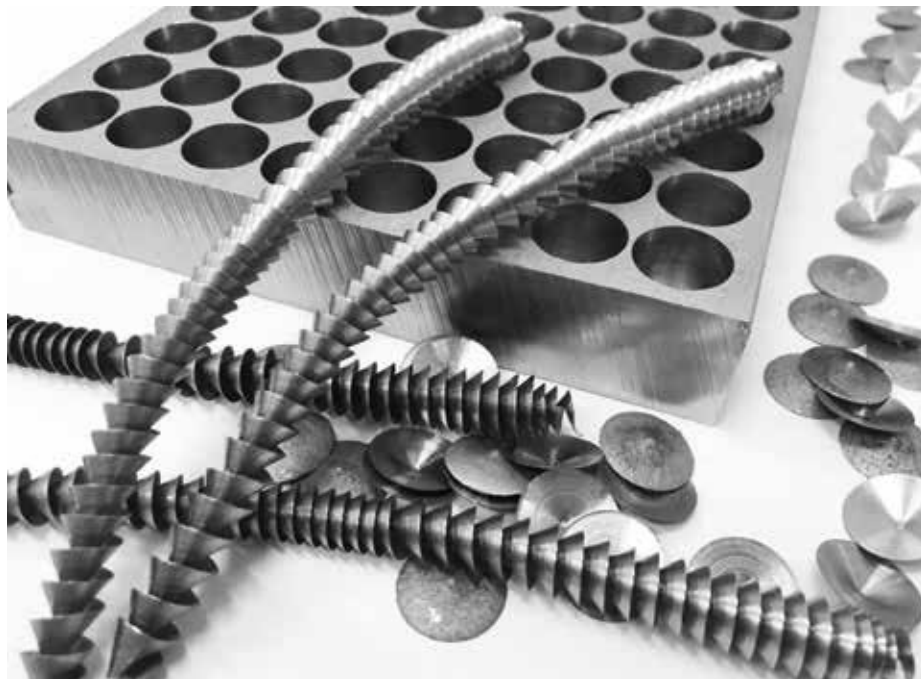
Firma NÁSTROJE CZ, s. r. o., si dala za cíl vyvinout spirálový vrták na strojní vrtání nerezových ocelí, zejména austenitických. Na tom by nebylo nic divného, pokud by neměl splnit požadavek vrtat při řezných rychlostech $v = 30\text{--}35\text{ m/min}$ a posuvu $s = (0,16\text{--}0,20) \times D/\text{ot.}$ (D = průměr vrtáku v mm) a být přitom vyroben z rychlořezné oceli, tedy rychlosti do současné doby nemyslitelné pro nasazení vrtáků z rychlořezných ocelí.

Boření mýtů

Vraťme se na začátek: Tak jako každá oblast života lidské společnosti má své mýty, tak je má i oblast obrábění kovových materiálů. Jedním z těchto mýtů je vrtání austenitických nerezových ocelí. V posledních letech byl v této oblasti dosažen velký pokrok nasazením vrtáků z tvrdokovových materiálů. Ne vždy však lze tyto vrtáky použít, ať již z důvodu nedostatečné tuhosti strojů, kterou tento typ vrtáků vyžaduje, tak i z důvodu vysoké ceny těchto vrtáků, která je ve srovnání s cenou vrtáků vyrobených z rychlořezných ocelí násobně vyšší.

Co by se tedy dalo ještě změnit na geometrii spirálového vrtáku tak, aby vytvořila ještě lepší podmínky pro proces vrtání? Pro odpověď na tuto otázku se musíme vrátit na úplný začátek a popsat ty nejdůležitější vlastnosti austenitických ocelí.

Tyto oceli se vyznačují několika vlastnostmi, které mají výrazné negativní vlivy na proces vrtání. Jednou z těchto nejdůležitějších je nízká tepelná vodivost těchto ocelí, která je až 4x menší



než u běžných uhlíkových ocelí. To ve svém důsledku znamená, že teplo, které vzniká při procesu vrtání a které je nutné odvést z místa řezu má tendenci přecházet do nástroje a ne hlavně do třísky. Z této vlastnosti vyplynulo na první pohled jednoduché řešení, a to navrhnout geometrii vrtáku tak, aby už při samotném procesu vrtání byl minimalizován vznik tepla, protože jeho následný odvod z místa řezu je s ohledem na dříve uvedené již velmi komplikovaný.

Další neméně důležitou vlastností austenitických nerezových ocelí je jejich vysoká adheze. Ta způsobuje tvorbu nárustků, tzv. „blue efekt“. Tento jev se dá úspěšně minimalizovat volbou vysoké řezné rychlosti, pro niž je opět limitující vznik tepla a opět jsme u návrhu geometrie vrtáku.

Další neméně zajímavou vlastností austenitických nerezových ocelí je jejich plasticita. Ta je až o 60 % vyšší než u běžných uhlíkových ocelí. Z této vlastnosti vyplývá požadavek na volbu velkého úhlu bříty vrtáku tak, aby výsledná geometrie byla ostrá a lehce řezala.

Austenitické nerezové oceli mají ještě další důležitou vlastnost, a tou je velká tendence k deformačnímu zpevnění. Ta způsobuje, že po počátečním zavrtání bříty vrtáku se na dně otvoru vytvoří tvrdá vrstva. Z této vlastnosti vyplývá požadavek volby velkých posuvů tak, aby se řezné bříty vrtáku pohybovaly pod touto vrstvou. Z toho vyplývá požadavek na geometrii zajišťující tuhost vrtáku.

Velmi důležitým požadavkem na geometrii vrtáku je také, aby vytvářela optimální tvar třísky a tu následně rychle odváděla z místa řezu a současně umožnila přívod co největšího množství chladicí kapaliny do místa řezu.

Prioritní je návrh geometrie

Možná jste si všimli, že jsem se zatím vůbec nezmiňoval jak o volbě typu rychlořezné oceli, ze které by měl být vrták vyrobený, tak i o možnosti využití povlakování vrtáku. Je to proto, že za prioritní považuji návrh geometrie vrtáku tak, aby splňovala výše uvedené požadavky. Pokud bude tato geometrie aplikována s volbou kvalitní rychlořezné nástrojové oceli, bude tím vliv geometrie vrtáku ještě více umocněn. Požadavky byly definované a nyní už zbývá je splnit.

Nový typ vrtáku je dalším členem řady vrtáků „CZ“ a dostal pořadové číslo 005. Geometrii a parametry nového vrtáku CZ005 najdete v pokračování tohoto článku v dalším čísle. ■



Navštivte náš e-shop:
obchod.nastrojecz.cz

VRTÁK CZ005 – NOVÝ ČLEN RODINY

Pokračování z předchozího vydání

Nesnažíme se vylepšovat již známá řešení, ale děláme to od začátku úplně jinak k dosažení cíle: řezná rychlost $v = 30\text{--}35 \text{ m/min}$, posuv $f = (0,016 - 0,020) \times D \text{ (mm/ot.)}$ (D = průměr vrtáku v mm).

Geometrie nového vrtáku CZ005 je postavena na principu extrémně tenkého jádra, které tak výrazně snižuje jak axiální sílu (až o 60 %), tak krouticí moment (až o 30 %). To bylo ověřeno jak testy a měření vrtáků CZ002 a CZ004 na VUT Brno již v roce 2007, tak nasazením více jak 2 300 000 ks těchto vrtáků v praxi ve firmách.

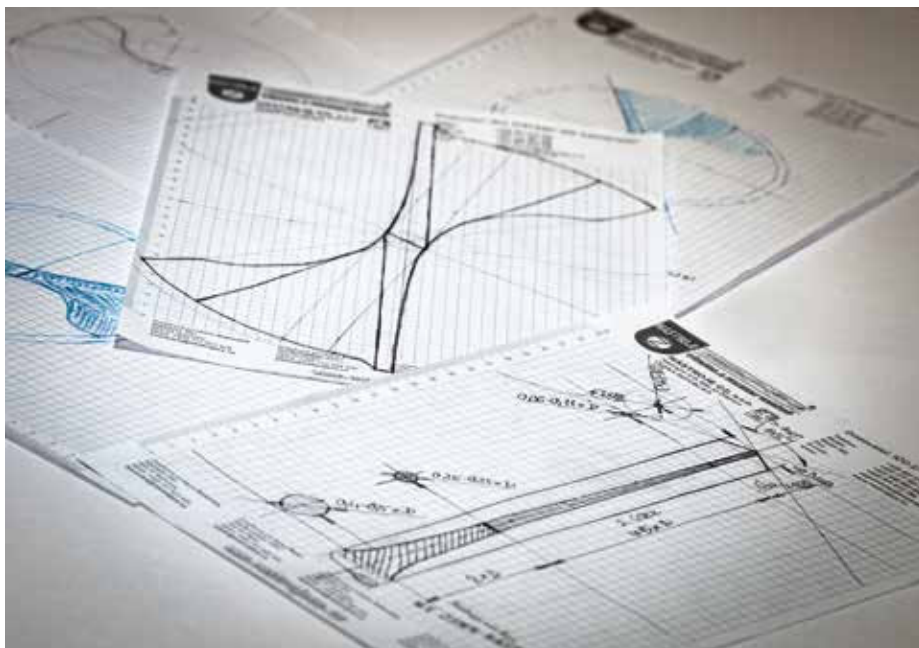
Jmenovitý průměr vrtáku CZ005 byl zvolen v toleranci $\varnothing Dh8$ a jeho délkové rozměry (celková délka a délka drážky) byly s ohledem na největší předpokládané použití CZ005 pro vrtání otvorů do hloubky $3 \times D$ zvoleny podle normy DIN 338, tedy „střední délková řada.“ Pro zajištění tuhosti vrtáku CZ005 je jeho jádro provedeno ve třech vzájemně navazujících úsecích.

První úsek průměrem jádra $(0,06 \div 0,08) \times D \text{ (mm)}$ v délce $(1 \div 1,5) \times D$ od špičky vrtáku je konstantní a výrazně tak snižuje jak axiální sílu, tak krouticí moment a tím podstatně omezuje vývin tepla v místě jeho největšího vzniku. Navíc toto extrémně tenké jádro v kombinaci s výhodným profilem a úhlem drážky vrtáku současně prodlužuje délku jeho hlavního ostří a kladné hodnoty úhlu čela hlavního ostří jsou tak maximálně posunuty ke středu vrtáku. Toto řešení tak nejenom zvětšuje část vrtáku, která ještě reže a zmenšuje tak část vrtáku (v jeho středu), která pouze tváří a vytlačuje materiál směrem k jeho hlavnímu ostří, ale dává rovněž možnost přebroušení vrtáku při zachování jeho původní geometrie.

Druhý úsek jádra v délce $(4 \div 5) \times D$ provedený již s nárůstem na $(0,25 - 0,35) \times D$ zaručuje vysokou tuhost vrtáku CZ005 v jeho pracovní části.

Třetí, poslední úsek jádra vrtáku s nárůstem na $(0,4 - 0,5) \times D$ na konci jeho drážky zaručuje vysokou tuhost vrtáku těsně v blízkosti jeho upnutí. Profil drážky vrtáku, jehož přechod do hřbetní části je provedený sraženou hranou (ne radiusem) spolu s volbou geometrie jeho špičky, byl zvolen tak, aby tříska byla utvářena do nejvýhodnějšího tvaru umožňujícího její nejrychlejší odvod z místa řezu.

Geometrie hřbetu vrtáku byla zvolena na principu vícefazetkového provedení tzv. „střeovitého výbrusu“, který zaručuje konstantní úhel hřbetu po celé délce hlavního ostří. Tento výbrus je navíc proveden ve třech stupních, což má nejenom výrazný vliv na omezení vzniku tepla v důsledku tření hřbetu vrtáku o dno vrtaného otvoru (tvarová paměť nerezových



Jak vzniká geniální myšlenka

oceli je všeobecně známá), ale rovněž umožňuje přívod maximálního množství chladicí kapaliny do místa řezu.

Převratná geometrie hlavního ostří

Originálním řešením je provedení první části výbrusu hřbetu vrtáku CZ005, kdy takto vzniká fazetka, jejíž šířka ve středu vrtáku odpovídá průměru jádra, se podél hlavního ostří vrtáku po konvexní křivce nesymetricky zužuje tak, aby její šířka v poslední 1/3 hlavního ostří byla rovna šířce fazetky $(0,03 - 0,04) \times D$ lemující drážku vrtáku. Tím se výrazně snižuje tření mezi fazetkou na hřbetu vrtáku a povrchem dna vrtaného otvoru v návaznosti na zvyšující se řeznou rychlost podél hlavního ostří směrem ke jmenovitému $\varnothing D$ vrtáku. Provedení hlavního ostří, které v prvních 2/3 své délky od středu vrtáku přechází po konvexní křivce do osy vrtáku tak, aby ve své poslední 1/3 pokračovalo v jeho ose, tak splňuje požadavek, aby vektor výsledné řezné síly jako tečna ke kružnici opsané kolem středu vrtáku v příslušném bodě hlavního ostří, kde je největší řezná rychlost, svíral s rovinou procházející osou vrtáku ideální úhel 90° . Navíc hlavní ostří v úseku prvních 2/3 od středu vrtáku vytváří výhodný úhel, který svírá hlavní a příčné ostří, čímž vznikají výhodné podmínky pro zavrtání vrtáku CZ005 a tím i vyvrtání velmi přesného otvoru. Toto řešení

geometrie hlavního ostří navíc dovoluje volbu extrémního úhlu špičky vrtáku většího jak 140° , což výrazně snižuje hodnotu jak axiální síly, tak krouticího momentu při současném zachování vysoké geometrické přesnosti vyvrtaných otvorů.

Toto provedení hlavního ostří v kombinaci s extrémně tenkým jádrem a výhodně zvoleným profilem drážky vytváří rovněž velmi dobré podmínky pro řezný proces, který tak začíná těsně u středu vrtáku, čímž se minimalizuje čelo vrtáku, které neřeže, ale pouze se protlačuje do materiálu. To má výrazný vliv nejenom na středění vrtáku, ale zejména na výrazné omezení vývinu tepla během procesu vrtání a tím podstatné zvýšení jeho výkonu a prodloužení jeho trvanlivosti a životnosti. ■

Výsledky testů prvních prototypů vrtáků CZ005 najdete v příštím čísle.



Navštivte náš e-shop:
obchod.nastrojecz.cz

VRTÁK CZ005 – NOVÝ ČLEN RODINY

Pokračování z předchozího vydání

Účelem prvních testů vrtáku CZ005 bylo nejenom ověřit vliv jeho geometrie na dosažení vlastností již v předchozích dvou vydáních definovaných, ale zejména potvrdit reálnou možnost splnit cílové parametry: vrtání řeznou rychlostí $v = 30\text{--}35\text{ m/min}$ při posuvu $f = [(0,016\text{--}0,020) \times D]\text{ mm/ot.}$ ($D = \text{jmenovitý } \varnothing \text{ vrtáku v mm}$).



Obr. 1: Prototyp vrtáku CZ005

Prototyp vrtáku CZ005 – testování

Na obr. 1 je zobrazen první prototyp vrtáku CZ005. Pro lepší diagnostiku tvářecích a řezných procesů probíhajících při vrtání v jednotlivých částech vrtáku, zejména pak v oblasti jeho špičky, byl pro testování zvolen průměr $D = 13,00\text{ mm}$ jako největší průměr ze zvažovaného výrobního rozsahu ($2,00\text{--}13,00\text{ mm}$).

Hlavní parametry vrtáku CZ005

- jmenovitý $\varnothing D = 13,00\text{ mm}$
- celková délka $L = 151\text{ mm}$
- délka šroubovice $l = 101\text{ mm}$
- úhel stoupání šroubovice $\lambda = 29,9^\circ$
- úhel špičky $\epsilon = 145^\circ$
- úhel hřbetu na 1. fazetě podél hlavního ostří $\alpha = 14^\circ$

Tloušťka jádra:

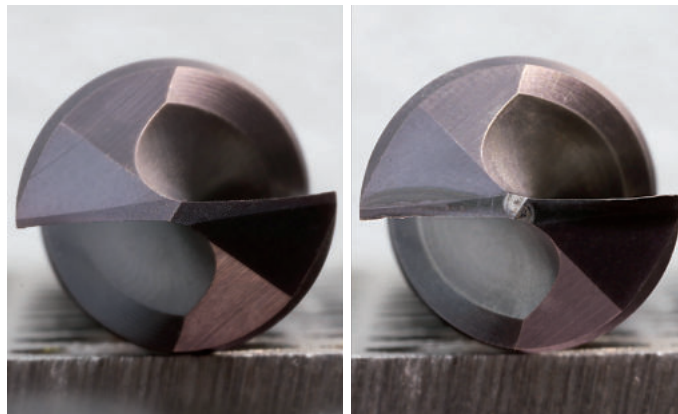
- 1. úsek v délce $13,00\text{ mm}$ – konstantní $0,90\text{ mm}$
- 2. úsek v délce $58,00\text{ mm}$ – lineární nárůst na $3,8\text{ mm}$
- 3. úsek v délce $30,00\text{ mm}$ – lineární nárůst na $4,6\text{ mm}$
- šířka fazetky lemující šroubovici = $0,40\text{ mm}$
- rychlořezná ocel: 19852, M35
- tvrdost: 66HRC

Vrták byl vyroben z rychlořezné oceli M35 běžně používané na výrobu vrtáků pro vrtání nerezových ocelí tak, aby bylo možné vyhodnotit pouze vliv nové geometrie na proces vrtání. Pro lepší čitelnost tvářecích a řezných procesů (odlesky, otlaky) byl vrták vybaven běžně používaným povlakem TiAlN.

Výchozí podmínky pro test

- vrtaná ocel: austenitická nerezová ocel ČSN 417240, DIN 1.4301, X5CrNi 1810 (nejvíce používaná tzv. potravinářská deska z válcovaného profilu $200 \times 120\text{ tl. } 20\text{ mm}$)

- otvory průchozí bez navrtávání a předvrtávání, rozteč $14,0\text{ mm}$ (8 řad $\times 14$ otvorů = 112 otvorů)
- testovací stroj: 4osé CNC obráběcí centrum HAAS VF2
- chladicí kapalina Quaker Cool 7350BFF, koncentrace 8 %
- upínací držák CZMK 3/13 s kleštinou
- řezná rychlost: $v = 30, 36, 32\text{ m/min}$ postupně
- otáčky: $n = 735, 882, 784\text{ ot/min}$
- posuv $f = 0,20\text{ mm/ot.}$, posuvová rychlost: $v_f = 147, 176, 157\text{ mm/min}$



Obr. 2: Vrták CZ005, čelní pohled na špičku vrtáku

V první fázi testování byla zvolena řezná rychlost $v = 30\text{ m/min}$ a posuv $f = 0,20\text{ mm/ot.}$ Po vyvrtání 28 otvorů byla řezná rychlost zvýšena na 36 m/min při zachování posuvu $f = 0,20\text{ mm/ot.}$ Po vyvrtání dalších 28 otvorů byla řezná rychlost snížena na 32 m/min při zachování posuvu $f = 0,20\text{ mm/ot.}$ Vrták se při všech řezných rychlostech choval naprosto stabilně, což bylo možné konstatovat nejenom na základě jeho zvukového projevu, ale rovněž i na základě údaje % zatížení vřetene a dokladovalo



Obr. 3: Tvar, celistvost a kvalita povrchu třísky

to tak jeho schopnost pokračovat v procesu vrtání. Nakonec po vyvrtání 126 dalších otvorů byl proces vrtání ukončen, zejména s ohledem na zachování možnosti diagnostiky tvářecích – řezných procesů a vyhodnocení jeho opotřebení.

A proto mu říkáme „flash bit“

Na obr. 2 je čelní pohled na špičku vrtáku CZ005 před a po vyvrtání celkem 182 otvorů, délka vrtání = 3 640 mm. Z odlesků je zřejmé, že vrták začíná rezat už ve svém

středu a tvářecí proces je zredukován na malou oblast ve druhé polovině jeho příčného ostří. Tato skutečnost byla potvrzena i měřením šířky třísky, kdy tato je shodná s délkou hlavního ostří. Opotřebení podél hlavního ostří se proporcionálně zvyšuje s narůstající řeznou rychlostí bez tvorby nárůstků.

Tvar, celistvost a kvalita povrchu třísky (obr. 3) rovněž dokladuje vysokou tuhost, stabilitu a řezivost vrtáku CZ005 od samého začátku procesu vrtání (zavrtávání do materiálu) až do jeho konce (vyjetí z materiálu). Tříska je vytvořena ve dvou hlavních částech, které jsou odděleny po překročení hodnoty pevnosti jejího průřezu vzniklou odstředivou silou. Konečná fáze třísky ve tvaru „zátky“, vytvořené vytlačením dna otvoru a jeho následným oříznutím jmenovitým Ø D vrtáku, výrazně chrání jeho hlavní ostří před opotřebením v důsledku vyjíždění vrtáku z materiálu. Navíc okraje otvorů tak nejsou vytažené – slangově nemají „grót“.

Rovněž geometrie otvorů (obr. 4) a kvalita jejich povrchu dosahuje velmi vysoké úrovně. Kontrolními kalibry bylo prokázáno, že ani jeden otvor ze všech 182 nebyl větší jak 0,025 mm.

Jeden z nejvýkonnějších ve své kategorii

Na základě prvních testů lze už nyní konstatovat, že vrták CZ005 má všechny reálné předpoklady se zařadit mezi nejvýkonnější vrtáky ve své



Obr. 4: Geometrie otvorů a kvalita jejich povrchu dosahuje velmi vysoké úrovně.

kategorii. Před vývojovým týmem naší firmy je však ještě dlouhá cesta zahrnující nejenom dokončení přesné specifikace hodnot geometrických parametrů pro každý jednotlivý průměr z celého výrobního rozsahu 2,00 – 13,00 mm, ale rovněž testování jak nejvhodnějšího typu rychlořezné oceli, tak aplikovaného povlaku.

Avšak již první výsledky testů vrtáku CZ005 jsou natolik překvapivé, že na řešení geometrie jeho špičky byla podána přihláška patentu pod číslem PV 2021-445. ■



Navštivte náš e-shop: obchod.nastrojecz.cz