

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 654

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

B23K 9/04 (2006.01)
B23K 5/18 (2006.01)
B23K 10/02 (2006.01)
B23K 13/00 (2006.01)
B23K 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-920**
(22) Přihlášeno: **18.12.2015**
(40) Zveřejněno: **19.04.2017**
(Věstník č. 16/2017)
(47) Uděleno: **08.03.2017**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **19.04.2017**
(Věstník č. 16/2017)

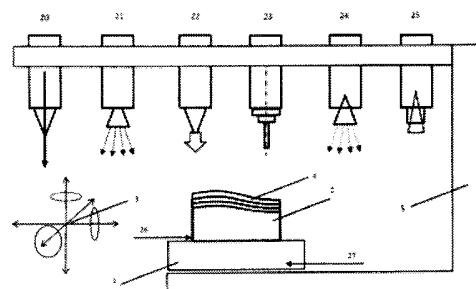
(56) Relevantní dokumenty:
Kubiček, J.: Renovace a povrchové úpravy, v. 1.3; VÚT v Brně, FSI, Ústav strojírenské technologie, odbor svařování a PÚ; Brno 11.12.2006.
CN 105057846; CN 104416293; RU 2013149160; KR 101565728B.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta
strojní, Ústav výrobních strojů a zařízení, Praha 2,
CZ
KOVOSVIT MAS, a.s., Sezimovo Ústí II, CZ

jednotka pro čištění a sušení a jednotka pro kontrolu
teploty, a stůl (1) je vybaven vnitřním chlazením.

(72) Původce:
Ing. Jan Smolík, Ph.D., Praha 19, CZ
Ing. Ivan Diviš, Mlékosrby, CZ
Ing. Tomáš Fornůsek, Praha 4 - Braník, CZ
Ing. Jan Malý, Praha 15 - Hostivař, CZ
Ing. Stanislav Hosnedl, Podhořany u Ronova, okres
Chrudim, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00
Praha 5



(54) Název vynálezu:
**Způsob vytváření kovových dílců pomocí
depozice materiálu a zařízení k provádění
tohoto způsobu**

(57) Anotace:
Způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice
materiálu obsahující následující kroky: navaření vrstvy
kovu elektrickým obloukem v ochranné atmosféře
s řízením polohy a parametrů hoření oblouku pro volbu
tvaru návaru a s řízením objemu jednotlivých
navářovaných bodů a housenek tvořících návar; řízené
ochlazení na 20 až 90 °C; čištění mechanicky nebo
proudem tekutiny; obrábění za účelem vytvoření
geometricky definovaného povrchu pro další návar;
přičemž všechny uvedené kroky se opakují až do
vytvoření celého dílce. U zařízení k provádění tohoto
způsobu jsou v jednom uzavřeném odvětrávaném
prostoru integrovány alespoň tři pohybové osy X, Y, Z
(10, 11, 14), vřeteník a vřetení s nástrojem (18), přičemž
k tělesu vřeteníku jsou připevněny další technologické
jednotky, vybrané ze skupiny navařovací hlava, jednotka
pro přetržité chlazení, jednotka pro čištění návaru,

Způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu a zařízení k provádění tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu a zařízení k provádění tohoto způsobu. Jedná se o průmyslovou oblast 3D tisku dílců z kovu, oblast aditive manufacturing, oblast hybrid manufacturing a specificky se týká oblasti postupů, kterými vznikají kovové prostorové dílce v pracovním prostoru výrobního stroje, do kterého vstupuje jako polotovar kovový prášek nebo kovový drát.

Dosavadní stav techniky

15 Kovové dílce vznikají postupným navařováním jednotlivých návarů, ze kterých vznikají vrstvy kovu. Tyto vrstvy kovů vytvářejí buď přímo celé díly, v případě jednodušších dílů, nebo jednotlivé topologické prvky, ze kterých se dílec skládá. Způsoby navařování kovu jsou uplatňovány různé. Mezi nejčastější metody patří navařování kovového prášku unášeného proudem plynu pomocí laseru nebo pomocí elektronového svazku, navařování kovového prášku ležícího v tenké vrstvě pomocí laseru, navařování kovového drátu pomocí laseru nebo pomocí elektronového svazku, navařování drátu pomocí svařovacích technik MIG-MAG. Mezi potenciálně možné, ale neužívané techniky navařování kovu mohou patřit například navařování elektrickým obloukem metodou TIG, navařování plazmou, navařování plamenem. Známé metody navařování kovů 25 využívají jako vstupní podobu navařovaného materiálu prášek nebo drát. Navařování pak pomocí působení tepla a sil zajišťuje umístění navařovaného materiálu na nové místo, kde vzniká návar.

Tento vynález se nezabývá samotným procesem navařování, ale využívá známé metody navařování. Předmětem patentu není řešení metody/způsobu/technologie navařování, tedy technologie přenosu taveného kovu na podklad. Tuto technologii přebíráme již hotovou, dodanou od výrobce zařízení pro nanášení kovu. Vynález tyto technologie pouze užívá, nastavuje procesní parametry a určuje začátek a konec.

35 Pomocí jednoho nebo více navazujících a materiálově propojených návarů vznikají vrstvy. Návar může mít základní topologii bodu nebo svarové housenky (weld bead). Při vytváření svarové housenky dochází k relativnímu pohybu mezi základním povrchem, na který se navařuje a mezi navařovacím zařízením. K pohybu dochází v rovině paralelní s plochou základního povrchu, na který se navařuje. Tvar povrchu, na který se navařuje, může být obecný prostorový tvar.

Při vytváření návaru bodu nedochází k relativnímu pohybu mezi základním povrchem, na který se navařuje a mezi navařovacím zařízením.

45 Po provedení jednoho návaru a dokončení jedné vrstvy se postupuje v navařování dalšího návaru, další vrstvy a takto vzniká buď celý nový dílec, nebo postupně jednotlivé topologické prvky dílce.

Obecně mohou být navařovány jakékoli kovové materiály, pro které existují navařovací technologie. Téměř všechny kovové materiály vyžadují při navařování přítomnost ochranné atmosféry ochranného plynu, aby nedošlo k degeneraci navařovaného materiálu. Některé materiály, jako například titan a jeho slitiny vyžadují přítomnost ochranného plynu nejen během navařování, ale také během chlazení návaru na limitní teplotu. Konkrétní procesní parametry navařování a ochranné atmosféry nejsou předmětem ochrany.

Existující průmyslově nabízené stroje a technologie a existující patenty pracují zpravidla s tím, že po vytvoření jednotlivých návarů a před navařování dalšího návaru a vrstvy nedochází k jejich: chlazení, čištění, obrábění, kontroly povrchu před dalším navařování. Operace chlazení probíhá zpravidla pasivně, pomocí okolní atmosféry vzduchu nebo ochranných plynů. Operace
 5 čištění probíhá zpravidla po dokončení dílce a mimo výrobní stroj. Operace obrábění zpravidla probíhá po dokončení dílce nebo topologického prvku dílce mimo stroj na jiném stroji nebo u strojů kombinující v jednom pracovním prostoru navařování a obrábění - stroje pro Hybrid Manufacturing, pak probíhá obrábění přímo ve stroji, kde probíhalo i navařování.

10 Vynález neřeší konkrétní procesní a technologické parametry a nástroje jednotlivých operací navařování, chlazení, obrábění a čištění. Dále patent neřeší softwarové nástroje, ani popis provedení stroje a jeho detailů.

Stávající známá blízká řešení strojů a technologií v průmyslu určená pro vytváření kovových
 15 dílů ze základního kovového substrátu v podobě svařovacího drátu nebo kovového prášku jsou následující:

Řešení 1: Navařování z drátu pomocí elektronového paprsku. Tuto technologii nabízí společnost Sciaky (<http://www.sciaky.com>) ve stroji EBAM 300 a dalších strojích.

20 Řešení 2: Navařování z drátu pomocí elektrického oblouku metodou „Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)“ a plazmovým navařováním „Plasma Arc Welding (PAW)“. Tuto technologii nabízí společnost Sciaky (<http://www.sciaky.com>) ve stroji AcuWeld 1000.

25 Řešení 3: Navařování kovového prášku, který je unášený proudem plynu, nebo kovového drátu, který je posouván do místa návaru, pomocí laserového paprsku. Tato technologie je zpravidla nazývaná jako „Laser Cladding“. Laserové hlavy jsou zpravidla pohybovány pomocí robotu, ale mohou jimi pohybovat i jiné pohybové struktury. Tuto technologii nabízí například společnost LaserTec (<http://lasertec.pl/?lang=en>).

30 Nevýhodou technologie řešení 1, řešení 2 a řešení 3 je velká teplotní zátěž vyráběného dílce, velká vnitřní pnutí a deformace dílců po vyrobení, technologie neumožňuje po každém návaru přesně upravit povrch návaru do dalšího navařovacího kroku - neobsahuje obrábění, a neumožňuje návar vychladit před dalším navařováním a technologie nepracuje s kontrolou teploty navařovaného dílce před dalším navařováním. Postupným kladením návarů na neupravený předchozí návar dochází k degeneraci přesnosti geometrie každého dalšího návaru, k nedefinovanému
 35 teplotnímu stavu návaru - pokaždé se navařuje na jinak teplý základ, a tím k nekontrolovanému vnitřnímu pnutí v dílcích i k jejich materiálové struktuře a homogenitě. Technologie neužívá mezioperační čištění povrchů, před dalším navařováním a není možné zajistit maximální homogenitu dalšího návaru a čistotu vytvořeného materiálu. Významnou nevýhodou je vysoká nákladnost vytvořeného dílce v rozmezí 10000 až 25 000 Kč/kg způsobená především nutností
 40 užívat laserové technologie a techniku elektronového paprsku. Procesy výroby kovových dílců realizované pomocí řešení 1 až 3 vedou na výrobu dílců s horší homogenitou materiálu, větší pravděpodobností výskytu vnitřních vad, s nedefinovaným teplotním ovlivněním, s nekontrolovaným rozložením vnitřních pnutí, vysokou nákladností. Mezi patenty vázané k této technologii patří například US 7 020 539 B1.

Řešení 4: Navařování dílce z kovového prášku, který leží ve vrstvě pomocí pohybujícího se laserového paprsku, nebo pomocí pohybujícího se elektronového paprsku. Při této technologii
 50 dochází ke spékání jednotlivých částic kovu, které leží ve vrstvě pomocí laseru nebo elektronového paprsku. Pomocí řízení pohybu laseru/electronového paprsku je v každé vrstvě spojena jen definovaná oblast prášku. Technologie je běžně nazývaná jako „Selective Laser Sintering (SLS)“ a nejvýznamnějším výrobcem strojů pro tuto technologii je firma EOS (<http://www.eos.info/>) nebo pro užití elektronového paprsku „Electron beam additive manufacturing“ a nejvýznamnějším výrobcem strojů pro tuto technologii je firma Arcam AB (www.arcam.com).

Základním patentem popisujícím technologii je patent WO 1988002677 A2, a k problematice se váže další řada patentů, např.: JP, 2008-106319,A; US 6 682 684 B1; US 2005/0112230 A1; US5904890.

5 Nevýhodou technologie Řešení 4 je velká teplotní zátěž vyráběného dílce, velká vnitřní pnutí a deformace dílců po výrobě, technologie neumožňuje po každém návaru přesně upravit povrch návaru do dalšího navařovacího kroku - neobsahuje obrábění, a neumožňuje návar vychladit před dalším navařováním a technologie nepracuje s kontrolou teploty navařovaného dílce před dalším navařováním. Tím že je postupně vyvářený dílec obklopen kovovým práškem, dochází
10 k neřízenému kumulování teploty kolem vytvářeného dílce. Teplotní poměry jsou nekontrolovatelné a na teplotní zatížení dílce má zásadní vliv jeho geometrická orientace v pracovním prostoru a poloha a tvar dalších dílců vyráběných současně v pracovním prostoru. Teplotní stav návaru je nedefinovaný - pokaždé se navařuje na jinak teplý základ, a tím k nekontrolované vnitřní pnutí v dílcích. Významnou nevýhodou je pomalý proces s reálnou produktivitou do 250 g/hod
15 a vysoká nákladnost vytvořeného dílce v rozmezí 10000 až 25 000 Kč/kg. Proces výroby kovových dílců realizovaný pomocí řešení 4 vede na výrobu dílců s nedefinovaným teplotním ovlivněním, s nekontrolovaným rozložením vnitřních pnutí, vysokou nákladností a vysokými nároky na dobu výroby.

20 Řešení 5: Technologie kombinující navařování z prášku nebo drátu pomocí laseru (Řešení 3 tzv. Laser Cladding) která je integrována do obráběcího stroje. Tato technologie umožňuje navařovat obecně v pracovním prostoru stroje a také obrábět navařený dílec. Tuto technologii nabízí například společnost DMG MORI (<http://us.dmgmori.com>) ve stroji LASERTEC 65 3D, společnost MAZAK (<https://www.mazakusa.com>) ve stroji INTEGRIX i-400AM, společnost
25 HAMUEL Maschinenbau GmbH ve stroji HSTM 1500, nebo společnosti WFL Millturn Technologies GmbH, IBARMIA INNOVATEK, S.L.U. a ELB-SCHLIFF Werkzeugmaschinen GmbH jako příslušenství strojů. Všechny tyto stroje umožňují v jednom pracovním prostoru provádět nanášení materiálu pomocí technologie Laser Cladding a obrábění a tím realizovat technologii nazývanou Hybrid Manufacturing. Většina výrobců přidává laserovou navařovací technologii do upraveného obráběcího stroje. Dosud známé a představené technologie nejprve
30 realizují postupné navařování dílce, nebo jeho části, která se skládá z většího počtu návarů – navařených vrstev. Následně probíhá samovolné chladnutí bez kontroly teploty a následuje hrubovací obrábění celého dílce, nebo jeho části. Mezi patenty vázané k této technologii patří například WO 90/15375; WO 02/073325 A2 a další.

35 Nevýhodou technologie dle řešení 5 je velká teplotní zátěž vyráběného dílce, velká vnitřní pnutí a deformace dílců po vyrobení, technologie nenabízí po každém návaru přesně upravit teplotu dílce, provést vyčištění povrchu návaru a okolí návaru a nenabízí přesné obrobení povrchu návaru jako přípravu pro další navařovací operaci. Nabízené, známé a představené technologie
40 neobsahují a nenabízí chlazení, kontrolu teploty, čištění a obrábění po každém navaření a před každým dalším návarem. Postupným kladením návarů na neupravené předchozí návary dochází k degeneraci přesnosti geometrie každého dalšího návaru, k nedefinovanému teplotnímu stavu návaru - pokaždé se navařuje na jinak teplý základ, a tím k nekontrolovanému vnitřnímu pnutí v dílcích i k jejich materiálové struktuře a homogenitě. Nedefinovaná je také čistota povrchu a jeho tvar. Technologie neužívá mezioperační čištění povrchů, před dalším navařováním a není
45 možné zajistit maximální homogenitu dalšího návaru a čistotu vytvořeného materiálu. Významnou nevýhodou je vysoká nákladnost vytvořeného dílce v rozmezí 8000 až 25 000 Kč/kg způsobená především užíváním laserové technologie navařování.

50 Procesy výroby kovových dílců realizované pomocí řešení 5 vedou na výrobu dílců s horší homogenitou materiálu, větší pravděpodobností výskytu vnitřních vad, s nedefinovaným teplotním ovlivněním, s nekontrolovaným rozložením vnitřních pnutí, nižší přesností polohy umístění návaru, vysokou nákladností.

Řešení 6: Navařování dílce z kovového prášku, který leží ve vrstvě pomocí pohybujícího se laserového paprsku s možností užití přídavného frézovacího vřetene, která je integrovaná do obráběcího stroje. Tato technologie umožňuje navařovat v pracovním prostoru stroje a také v omezené míře obrábět bez užití chlazení řeznou kapalinou. Tuto technologii nabízí například společnost Matsuura (<http://www.matsuura.co.jp/english/index.html>) ve stroji LUMEX Avance-25, nebo společnost SODICK (<http://www.sodick.com/>) ve stroji OPM250L. Oba tyto stroje umožňují v jednom pracovním prostoru provádět nanášení materiálu pomocí technologie „Selective Laser Sintering (SLS)“ a omezeně také obrábění a tím realizovat technologii nazývanou Hybrid Manufacturing. Oba uvedení výrobci přidávají frézovací vřeteno do upraveného stroje pro technologii „Selective Laser Sintering (SLS)“. Dosud známé a představené technologie nejprve realizují postupné navařování dílce, nebo jeho části, která se skládá z většího počtu návarů - navařených vrstev. Následně probíhá samovolné chladnutí bez kontroly teploty nebo bez možnosti chlazení a následuje obrobení dílčích ploch návaru, ke kterým by se již nebylo možné dostat při dalším pokračování technologie navařování, tj. plochy zůstávají v uzavřených dutinách nebo kanálech. Vzhledem k uložení dílce, který je obsypán kovovým prachem není možné užít fluidní chlazení a není možné obrábět s většími řeznými silami. Mezi základní patenty vázané k této technologii patří: US 6 657 155 B2; US 2006/0208396 A1; US 8 329 092 B2; US 7 323 132 B2; US 7 172 724 B2; US 2011/0123383 A1; US 8,828,116 B2; US 8,738,166 B2; US 2013/0065073 A1; US 2006/0208396 A1. Blízký je také patent EP 0596683 A1, který uplatňuje rozdělení technologie na více pracovních stanic a dále patent EP 0470705 A2; EP 2 581 154 A1; EP 2 581 155 A1; JP 2000 73108A; JP 3446618; US 2002/0147521 A1; WO 02/073324 A2 a další.

Nevýhodou technologie dle řešení 6 je velká teplotní zátěž vyráběného dílce, velká vnitřní pnutí a deformace dílců při výrobě i po vyrobení a obrábění tak probíhá na teplotně deformovaném dílci. Technologie nenabízí po každém návaru přesně upravit teplotu dílce, provést vyčištění povrchu návaru a okolí návaru a nenabízí přesné obrobení povrchu návaru jako přípravu pro další navařovací operaci, neboť by došlo ke kontaminaci poslední vrstvy kovového prachu třískami z obrábění a následná jedna vrstva zásypu kovovým prachem by třísky z obrábění nemohla spolehlivě zakrýt a byla by ohrožena kvalita návaru v další vrstvě. Nabízené, známé a představené technologie neobsahují a nenabízí chlazení, kontrolu teploty, čištění a obrábění po každém navaření a před každým dalším návarem. Postupným kladením návarů na neupravené předchozí návary dochází k degeneraci přesnosti geometrie každého dalšího návaru, k nedefinovanému teplotnímu stavu návaru - pokaždé se navařuje na jinak teplý základ, a tím k nekontrolovanému vnitřnímu pnutí v dílcích i k jejich materiálové struktuře a homogenitě. Nedefinovaná je také čistota povrchu a jeho tvar. Technologie neutilizuje mezioperační čištění povrchů, před dalším navařováním a není možné zajistit maximální homogenitu dalšího návaru a čistotu vytvořeného materiálu. Významnou nevýhodou je vysoká nákladnost vytvořeného dílce v rozmezí 10000 až 25000 Kč/kg způsobená především užíváním laserové technologie navařování.

Procesy výroby kovových dílců realizované pomocí řešení 6 vedou na výrobu dílců s nedefinovaným teplotním ovlivněním, s nekontrolovaným rozložením vnitřních pnutí, nemožností definovat tvar plochy před každým návarem, nižší přesností polohy umístění návaru, vysokou nákladností.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny způsobem vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu, podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že obsahuje následující kroky:

- navaření vrstvy kovu elektrickým obloukem v ochranné atmosféře s řízením polohy a parametrů hoření oblouku pro volbu tvaru návaru a s řízením objemu jednotlivých navařovaných bodů a housenek tvořících návar;
- řízené ochlazení na 20 až 90 °C;

- čištění mechanicky nebo proudem tekutiny;
- obrábění za účelem vytvoření geometricky definovaného povrchu pro další návar, přičemž všechny uvedené kroky se opakují a to až do vytvoření celého dílce.

5 Uvedeným postupem se vytváří návar o velikosti 2 až 200 mm³/s, který se ochladí na teplotu 20 až 90 °C a očistí, načež se návar obrobí do tvaru základny s definovanou 1 až 3 kontaktními plochami pro následující návar a po dalším očištění a osušení se vytvoří další návar o velikosti 2 až 200 mm³/s.

10 Chlazení se s výhodou provádí zaplavením dílce chladicí kapalinou do úrovně maximálně 3 mm pod novým návarem a/nebo se chlazení provádí ochlazováním pracovního stolu stroje.

Návar se vytváří alespoň jedním postupem vybraným ze skupiny navařování proudem plynu pomocí laseru, navařování pomocí elektronového svazku, navařování kovového prášku ležícího v tenké vrstvě pomocí laseru, navařování kovového drátu pomocí laseru, navařování pomocí elektronového svazku, navařování drátu pomocí svařovacích technik MIG-MAG, navařování elektrickým obloukem metodou TIG, navařování plazmou, navařování plamenem.

Čištění se může provádět mechanicky a/nebo proudem tekutiny.

20 Dalším předmětem vynálezu je zařízení k provádění způsobu podle kteréhokoli z předchozích nároků obsahující nosnou strukturu stroje, která je tvořena ložem, stojanem a alespoň třemi pohybovými osami X, Y, Z, které jsou spojeny mezi sebou a/nebo se stojanem a ložem pomocí lineárních vedení a pracovní stůl, u kterého je umístěna alespoň jedna navařovací hlava a alespoň jedna obráběcí hlava. Jeho podstatou je to, že v zařízení jsou v jednom uzavřeném odvětrávaném prostoru integrovány alespoň tři pohybové osy, vřeteník a vřetení s nástrojem, přičemž k tělesu vřeteníku jsou připevněny další technologické jednotky, vybrané ze skupiny navařovací hlava, jednotka pro přetržité chlazení, jednotka pro čištění návaru, jednotka pro čištění a sušení a jednotka pro kontrolu teploty a stůl je vybaven vnitřním chlazením.

30 Zařízení může být doplněno o další dvě pohybové rotační osy, pak by se jednalo o stroj s pěti řízenými osami. Pohybové osy jsou s výhodou opatřeny elektrickým servopohonem, který je propojen s řídicím systémem stroje.

35 Zařízení je ve výhodném provedení opatřeno alespoň jedním čidlem teploty.

Vynález se týká technologie a výrobního zařízení, která se modulárně skládá z dílčích operací, která umožňuje oproti stávajícím technologiím realizovat levnější a přesnější výrobu dílců s tím že mají homogenní materiálovou strukturu a menší zbytková pnutí. Základem technologie je spojení standardních metod navařování s mezioperacemi chlazení, čištění a obrábění, tak že nově nanášená vrstva se nanáší na geometricky definovaný povrch, čistý povrch a chladný povrch. Toto řešení v uvedené komplexnosti zatím nikdo neprezentuje a nenabízí, i když je prezentováno a nabízeno mnoho blízkých technologií a další se rodí.

45 Vynález přináší hospodárnost technologie při využití navařování elektrickým obloukem založené na spotřebě standardních svařovacích drátů, svařovacích plynů a obráběcích nástrojů. Cena 1 kg vytvořeného dílce je 25 až 30 % ceny dílce vytvořeného pomocí 3D tiskáren (SLM) nebo navařováním pomocí Laser Cladingu z prášku.

50 Pokud je výchozím strojem pro technologii CNC obráběcí stroj a pokud je užit elektrický oblouk pro navařování materiálu, tak je výhodou nižší cena výrobního zařízení v relaci přibližně 50 % ceny stroje s využitím laseru pro navařování.

55 Výrobní proces může probíhat plně automatizovaně bez nutnosti dohledu a účasti lidské obsluhy a proto je minimální riziko poškození zdraví obsluhy.

Při využití navařování elektrickým obloukem garantuje technologie vyšší bezpečnost práce pro obsluhu, protože není využíván karcinogenní kovový prášek jako základní substance pro vytvoření návaru. Nehrozí také nebezpečí výbuchu ve vazbě na prášek.

- 5 Při uplatnění celého postupu jednotlivých operací pro vytvoření více napojených vrstev dochází k vytvoření až 100 % homogenního navařeného materiálu bez pórů a strusky.

Pokud je výchozím strojem pro technologii a pro zajištění kinematického vedení navařovacího hořáku CNC obráběcí stroj, pak je možné díky přesnosti stroje, programování a řízení dosahovat
10 extrémně přesného umístění návaru.

Při využití navařování elektrickým obloukem se může pomocí vhodně obrobeného povrchu určeného pro navařování řídit poloha hoření oblouku a tvar návaru. Je možné cíleně navádět elektrický oblouk.

15 Technologie umožňuje vytvářet strojní dílce s minimálním množstvím užitého konstrukčního materiálu - optimální tvar, otevřené a uzavřené dutiny, a šetří tak materiálové zdroj a životní prostředí. Pokud je takovýto optimální dílec součástí dopravních prostředků, pak dochází k sekundárním úsporám nákladů na energii.

20 Technologie umožňuje rychlou výrobu složitých polotovarů i celých hotových dílců s tím že základním polotovarem je v případě navařování elektrickým obloukem svařovací drát.

Při svařování elektrickým obloukem umožňuje technologie vytvářet dílce nebo podpůrné konstrukce studenějším souvislým návarem takzvanou technologii CMT (Cold Metal Transfer) s následným ochlazením a obrobením nanesené dílčí vrstvy v jednom pracovním prostoru, v automatickém cyklu a rychlém taktu opakování.

30 Při svařování elektrickým obloukem umožňuje technologie vytvářet dílce nebo podpůrné konstrukce bodovou strategií s přesným odtavením kapek, kdy se dle počtu kapek vytvoří jeden bod v požadované velikosti 0.5 až 10 mm. Čímž lze udržet vzniklé pnutí ve výrobku na únosnou mez a zároveň lze dílec vrstvit pomocí stále stejně definovaného objemu bodu, nezávislého na čase svařování.

35 Integrované řešení v jednom pracovním prostoru pro všechny operace, tj. pro celý cyklus, což snižuje výrobní čas oproti řešení, kdy by byly jednotlivé operace řešeny na samostatných pracovištích. Úspora času je pětinasobná. Toto integrované řešení v jednom pracovním prostoru pro všechny operace rovněž zmenšuje zastavěnou plochu pro aplikaci technologie. Úspora výrobní plochy je také pětinasobná.

40 Při využití navařování elektrickým obloukem lze pomocí navařených podpůrných struktur vytvářet plochu dílce v prostoru, tj. založit dílec a plochu ve vzduchu. Při využití navařování elektrickým obloukem lze podpůrné struktury vytvářet pod úhlem od 0° do 90°.

45 Uzavřený pracovní prostor umožňuje udržovat stabilní pracovní podmínky pro všechny operace.

50 Systém umožňuje během provádění navařování diagnostikovat chybu návaru a následně umožňuje provést automatické odebrání chybně provedeného návaru a jeho opětovné korektní navařování. Technologie umožňuje zaznamenávat všechny procesní parametry a mít ke každému vyrobenému dílci protokol celé výroby.

55 Pokud je výchozím strojem pro technologii a pro zajištění kinematického vedení navařovacího hořáku CNC obráběcí stroj, pak je možné díky přesnosti stroje, programování a řízení dosahovat extrémně přesného umístění návaru, až 0,05 mm přesnost polohy v prostoru.

Při svařování elektrickým obloukem umožňuje technologie vytvářet dílce nebo podpůrné konstrukce studenějším souvislým návarem takzvanou technologii CMT (Cold Metal Transfer) s následným ochlazením a obrobením nanesené dílčí vrstvy v jednom pracovním prostoru, v automatickém cyklu a rychlém taktu opakování.

5

Při svařování elektrickým obloukem umožňuje technologie vytvářet dílce nebo podpůrné konstrukce bodovou strategií s přesným odtavením kapek v rozsahu 1 až 100 kapek, kdy se dle počtu kapek vytvoří požadovaná velikost bodu ve velikosti 0.5 až 10 mm. Čímž lze udržet vzniklé pnutí ve výrobku na únosnou mez a zároveň lze dílec vrstvit pomocí stále stejně definovaného objemu materiálu v jednom bodu, nezávislého na čase svařování.

10

Uzavřený pracovní prostor umožňuje udržovat stabilní pracovní podmínky pro všechny operace. Systém umožňuje během provádění navařování diagnostikovat chybu návaru a následně umožňuje provést automatické odebrání chybně provedeného návaru a jeho opětovné korektní navaření.

15

Technologie umožňuje vytvářet strojní dílce s minimálním množstvím užitého konstrukčního materiálu - optimální tvar, otevřené a uzavřené dutiny, a šetří tak materiálové zdroje a životní prostředí. Pokud je takovýto optimální dílec součástí dopravních prostředků, pak dochází k sekundárním úsporám nákladů na energii. Technologie umožňuje rychlou výrobu složitých polotovarů i celých hotových dílců s tím že základním polotovarem je v případě navařování elektrickým obloukem svařovací drát.

20

25 Objasnění výkresů

Příkladné řešení bude podrobněji popsáno na konkrétním příkladu provedení s pomocí příložených výkresů, kde na obr. 1 je schématicky znázorněn způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu. Na obr. 2 jsou uvedeny příkladné tvary návaru a na obr. 3 je příkladné zařízení v nárysu a na obr. 4 v bokorysu.

30

Příklady uskutečnění vynálezu

U příkladného způsobu vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu se vytvoří návar o velikosti 100 mm³/s, který se ochladí na teplotu 30 °C a očistí, načež se návar obrobí do tvaru základny s definovanou kontaktní plochou pro následující návar a po dalším očištění a osušení se vytvoří další návar o velikosti 100 mm³/s. Tento postup se opakuje až do vytvoření požadované velikosti návaru.

40

Operace navařování využívá známé metody pro navařování kovů a komerčně dostupná zařízení navařování kovů. Zejména jsou vhodné technologie s minimálním přenosem tepla do základního materiálu, na který se navařuje.

45

Jedná se zejména o navařování elektrickým obloukem - navařování kontinuálně podávanou elektrodou, ale je zde obecně více technologií navařování elektrickým obloukem, Laserové navařování drátu, Laserové navařování prášku. Okrajově se může jednat o navařování plazmou - z prášku, přídavného drátu, navařování plamenem - prášku, drátu a další technologie navařování.

50

Předmětem vynálezu je postup navařování dílce, při kterém je mezi jednotlivými operacemi navařování provedeno chlazení vytvořeného návaru, tj. svarové housenky, bodového návaru, vrstvy, nebo části housenky, nebo části vrstvy. Kovový materiál má při navařování minimálně teplotu tavení, nebo teplotu vyšší. Základní materiál má teplotu okolí, resp. dílenskou teplotu, při které bude také provozován, nebo při které jsou minimálně měřeny jeho výrobní rozměry a jejich tolerance. Navařovaný materiál je zdrojem tepla. Teplota způsobuje ohřev základního mate-

55

riálu a změnu jeho rozměrů. Po ztuhnutí návaru, ke kterému dochází okamžitě po navaření, má dílec zvýšenou teplotu a v důsledku toho jiné rozměry a geometrický tvar, než po úplném vychladnutí na teplotu okolí. Pokud je další návar nanášen bez ochlazení dílce, pak je nanášen na ohřátý a deformovaný dílec a po vychladnutí dílce má materiál velká zbytková vnitřní pnutí a dílec je rozměrově a geometricky nepřesný. Předkládaná technologie obsahuje operaci chlazení, která je prováděna minimálně mezi jednotlivými vrstvami, nebo častěji, mezi částmi vrstvy, mezi housenkami, mezi částmi housenek, nebo skupinami provedených bodových návarů. Základem je, že každá nová vrstva je navařována na předchozí vrstvu - tvořený dílec, který je ochlazený na teplotu okolí - cca do 40 °C, tedy každá další vrstva je nanášena na chladný dílec. Cílem přetržitého chlazení je intenzivní odvedení tepla, přenesení tepla vzniklého při navařování do chladicího média a jeho transport v chladicím médiu mimo pracovní prostor a mimo vytvářený dílec.

Způsob chlazení je realizován obecně pomocí fluidních médií - kapaliny a plyny, především pomocí řezných emulzí a řezných olejů užívaných na obráběcích strojích pomocí vzduchu, nebo pomocí jiných plynů a kapalin. Tyto kapaliny nebo plyny jsou ochlazený na teplotu okolí nebo na nižší teplotu a jsou pomocí hydraulického nebo pneumatického okruhu - čerpadlo, kompresor, rozvody, trubky, hadice, spojky, přivedeny do trysky nebo více trysek, které směřují plošně nebo řízeným pohybem chladicí kapalinu nebo chladicí plyn na místa návarů a na vytvářený dílec. Řízený pohyb chlazení je možné realizovat pomocí samostatného manipulačního zařízení, které pohybuje tryskou, nebo více tryskami, nebo pomocí pohybu samotného stroje a jeho pohybovými osami, které zajišťují i pohyb při navařování, obrábění a čištění.

Rovněž se může provádět chlazení bodových návarů tvořících svarovou housenku nebo vrstvu návaru, chlazení jedné vrstvy, tvořené spojenými housenkami, nebo spojenými bodovými návary, chlazení jedné vrstvy tvořené po částech svarovými housenkami, nebo bodovými návary a chlazené po částech.

Souvislé chlazení zajišťuje odvod tepla, které do dílce vnáší buď operace navařování, nebo operace obrábění nebo operace čištění. Souvislé chlazení odvádí buď teplo z upínacího základu - palety, nebo pracovního stolu stroje, nebo přímo z dílce, který je chladicím médiem zaplaven.

Způsob chlazení je realizován obecně pomocí tekutin. Tyto kapaliny nebo plyny jsou ochlazený na teplotu blízkou teplotě okolí nebo na teplotu nižší a jsou přiváděny v otevřeném nebo uzavřeném okruhu do kontaktu s dílcem nebo odvádí teplo z upínacího základu. Použity jsou standardní chladicí systémy pro chlazení strojů - čerpadlo, rozvody, trubky, hadice, spojky, které pro uzavřené okruhy užívají chladiva na bázi vody. Způsob chlazení s otevřeným okruhem pak pracuje s řeznou kapalinou, kterou stroj užívá i pro obrábění a pro přetržité chlazení - jeden druh kapaliny v pracovním prostoru.

Dále existuje průběžné chlazení dílce a jeho základny. Chlazení probíhá pomocí řízeného zaplavení dílce s udržováním hladiny chladicí kapaliny těsně pod nově vytvářeným náwarem - kapalina je cca 5 mm pod novým náwarem. Jedná se o otevřený okruh chlazení s využitím společné chladicí kapaliny pro řezný proces i přetržité chlazení.

Případně je možné využít chlazení upínacího základu - palety, pracovního stolu stroje. Chlazení upínacího základu pomocí integrovaného labyrintu, kterým protéká chladivo a odvádí teplo z palety. Jedná se o uzavřený okruh využívající stejné chladivo a případně i chladicí agregát jako chlazení vřetene, nebo jiných uzavřených chladicích okruhů stroje.

Po očištění se provádí obrábění povrchu předchozího návaru housenky nebo vrstvy, které umožňuje vytvořit definovanou geometrii povrchu pro navařování nového návaru. Operace umožňuje definovat geometrické podmínky pro navařování každé nové vrstvy. Nedochází tak k navařování nového návaru na nedefinovaný tvar předchozího návaru. Homogenita navařeného materiálu je větší než při navařování bez obrábění mezi jednotlivými návary. Jasně definovaná

geometrie obrobeného povrchu pro nový návar umožňuje zajistit stabilní podmínky návaru. Obrábění bočních ploch pak umožňuje lepší navázání návarů na okrajích dílce, umožňuje dosáhnout hladšího povrchu dílce než po navaření, bez obrábění bočních ploch a umožňuje minimalizovat přídavky materiálu na bocích dílce pro případné následné dokončovací obrábění, pokud je plánované.

Obrábění se provádí pomocí standardních řezných nástrojů pro obráběcí stroje - frézy, soustružnické nože, brousící kotouče, atd., s pomocí standardních postupů a pohybů nástroje vůči dílci – obrobku, při užití standardních řezných kapalin, nebo bez nich.

Čištění a sušení povrchu před navařováním nového návaru odstraňuje zbytky částic a kapalin, které jsou na povrchu, na který bude nanášen nový návar. Způsob čištění je realizován pomocí proudu stlačeného vzduchu. Využit je pneumatický okruh - kompresor, rozvody, trubky, hadice, spojky, stlačený vzduch je přiveden do trysky nebo více trysek, které směřují plošně nebo řízeným pohybem vzduch na místa budoucího návaru. Řízený pohyb čištění a sušení je možné realizovat pomocí samostatného manipulačního zařízení, které pohybuje tryskou, nebo více tryskami, nebo pomocí pohybu samotného stroje a jeho pohybovými osami, které zajišťují i pohyb při navařování, obrábění a chlazení.

Při tomto způsobu vytváření kovových dílců je prováděna kontrola teploty plochy povrchu pomocí bezkontaktního měření. Měření je možné realizovat pomocí termokamery, která dokáže snímat alespoň částečně povrch naposledy navařeného návaru a vrstvy. Vyhodnocení záběru termokamery je třeba ovládat tak, aby bylo prováděno automatické měření a vyhodnocení buď lokálních maxim v místě návaru, nebo průměrných hodnot celé vrstvy.

Příklad 1

Navařování se provádí elektrickým obloukem s kontinuálně podávanou elektrodou. Následuje přetržené chlazení jedné svarové housenky a očištění návaru pomocí mechanických kartáčů. Dále se provádí obrábění čelní plochy - plocha kolmá ke směru růstu návaru, nebo plocha, jejíž normála svírá se směrem růstu návaru maximálně 45°. Obecně se jedná o tvarovou plochu. Provádí se pomocí standardních řezných nástrojů pro obráběcí stroje - frézy, soustružnické nože, brousící kotouče, atd., s pomocí standardních postupů a pohybů nástroje vůči dílci – obrobku. Následuje čištění a sušení povrchu před navařováním nového návaru - řízené po kontuře, které se provádí pomocí standardního pneumatického systému a pomocí plošného nebo řízeného směřování proudu vzduchu na povrch na kterém bude umístěn nový návar. Kontrola teploty plochy pro budoucí návar se provádí pomocí termokamery Flir s čištěným průzorem do pracovního prostoru s vyhodnocením, resp. výstupem informace o maximální teplotě v zorném poli.

Příklad 2

Navařování se provádí laserovým navařováním drátu nebo prášku. Následuje chlazení jedné svarové housenky tvořené po částech a chlazené po částech, tzv. mezichlazení a očištění návaru pomocí proudu kapaliny. Kromě čelní plochy se obrábí i boční plochy - plochy paralelní se směrem růstu návaru, nebo plochy, jejichž normála svírá se směrem růstu návaru úhel 45° nebo větší. Opět se provádí pomocí standardních řezných nástrojů pro obráběcí stroje - frézy, soustružnické nože, brousící kotouče, atd., s pomocí standardních postupů a pohybů nástroje vůči dílci – obrobku. Následuje čištění a sušení povrchu před navařováním nového návaru – plošné, které se provádí pomocí speciálních pneumatických trysek s výstupem vzduchu v podobě proudové clony, která svým záběrem zahrnuje celý dílec během čistící sekvence při pohybu pouze jedné pohybové osy. Provádí se kontrola teploty celého dílce pomocí termokamery Flir s čištěným průzorem do pracovního prostoru s vyhodnocením, resp. výstupem informace o průměrné teplotě v zorném poli.

Na obr. 2 jsou zleva znázorněny návar bez obrobení, návar s obrobenou základnou s definovanou jednou kontaktní plochou pro následující návar, návar s obrobenou základnou s definovanými dvěma kontaktními plochami pro následující návar, návar s obrobenou základnou s definovanými třemi kontaktními plochami pro následující návar.

5

Příkladný stroj vychází z frézovacího obráběcího stroje se třemi pravoúhlými pohybovými osami X, Y, Z. Stroj může být doplněn i o další dvě pohybové osy (nejsou zobrazeny), například rotační osy a pak by se jednalo o stroj s pěti řízenými osami. Nosná struktura stroje je tvořena ložem 12, stojanem 13 a pohybovými osami 10, 11 a 14. Pohybové osy 10, 11 a 14 jsou spojeny
10 mezi sebou nebo se stojanem 13 a ložem 12 pomocí lineárních vedení 15, 16 a 17. Pohyb pohybových os 10, 11 a 14 je zajišťován pomocí elektrického servopohonu (není zobrazeno), a pohyb je řízen pomocí řídicího systému stroje (není zobrazen), který odbavuje program pohybů a funkcí. Stroj disponuje vřeteníkem a vřetenem, resp. jednotkou 23 pro obrábění návaru – modifikaci tvaru, které dokáže zajistit obrábění a tvarovou modifikaci návaru 4 na povrchu dílce 2
15 pomocí nástroje 18. K tělesu vřeteníku jsou připevněny další technologické jednotky, zejména navařovací hlava 20, jednotka pro přetržité chlazení 21, jednotka pro čištění návaru 22, jednotka pro čištění a sušení povrchu 24 a jednotka pro kontrolu teploty 25. Všechny tyto jednotky se mohou pomocí pohybových os X, Y, Z pohybovat vůči dílci 2 umístěnému na stole. Stůl a pohybová osa X 10 je vybaven vnitřním chlazením 27.

20

Zařízení obsahuje následující prvky s příslušnými operacemi: navařovací hlava 20, jednotka pro přetržité chlazení 21, jednotka pro čištění návaru 22, jednotka pro obrábění návaru – modifikaci tvaru 23, jednotka pro čištění a sušení povrchu 24, jednotku pro kontrolu teploty 25, systém průběžného chlazení dílce 26, systém průběžného chlazení stolu/palety 27.

25

U příkladného řešení technologického postupu výroby dílce se uplatňují tyto technologické kroky/operace:

30 a) pro vytváření vrstev s topologií bez jádra – uzavřená kontura / otevřená kontura
začátek OP03 – OP05-OP01-OP02-OP06-OP04-OP02-OP05 konec a opakování

b) pro vytváření vrstev s topologií s jádrem
začátek OP03 – OP05-OP01-OP02-OP06-OP04-OP02-OP04-OP04-OP06 konec a opakování.

35 V průběhu všech operací může nebo nemusí probíhat operace OP07 a OP08.

Seznam operací:

OP01 – Operace navařování pomocí navařovací hlavy 20

OP02 – Operace přetržitého chlazení pomocí jednotky pro přetržité chlazení 21

40 OP03 – Operace čištění návaru pomocí jednotky pro čištění návaru 22

OP04 – Operace obrábění návaru – jednotka 23 modifikace tvaru návaru

OP05 - Operace čištění a sušení povrchu – jednotka 24

OP06 – Operace kontroly teploty – jednotka 25

OP07 – Operace průběžného chlazení dílce – jednotka 26

45 OP08 – Operace průběžné chlazení stolu/palety/základu – jednotka 27

Při využití navařování elektrickým obloukem lze pomocí navařených podpůrných struktur vytvářet plochu dílce v prostoru, tj. založit dílec a plochu ve vzduchu. Při využití navařování elektrickým obloukem lze podpůrné struktury vytvářet pod úhlem od 0° do 90°. Systém umožňuje během provádění navařování diagnostikovat chybu návaru a následně umožňuje provést automatické odebrání chybě provedeného návaru a jeho opětovné korektní navaření. Technologie umož-

50

ňuje zaznamenávat všechny procesní parametry a mít ke každému vyrobenému dílci protokol celé výroby.

5 Průmyslová využitelnost

Způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu a zařízení pro tento způsob naleznou využití zejména pro součásti strojů a zařízení, pro výrobu rotačních, skříňových i prizmatických dílců z oceli, nerezové oceli, hliníkových slitin, titanových slitin, niklových slitin a dalších kovových materiálů, které jsou svařitelné a zpracovatelné navařováním. Odvětví, která mohou díly vyrobené touto technologií využívat, jsou zejména: letectví, automobilový průmysl, dopravní prostředky, energetika, strojní konstrukce, přístroje, výrobní stroje, zemědělské stroje, zpracovatelská technika, spotřební produkty, umělecká díla a všeobecné strojírenství.

15

PATENTOVÉ NÁROKY

20

1. Způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje následující kroky:

- navaření vrstvy kovu elektrickým obloukem v ochranné atmosféře s řízením polohy a parametrů hoření oblouku pro volbu tvaru návaru a s řízením objemu jednotlivých navařovaných bodů a housenek tvořících návar;
- řízené ochlazení na 20 až 90 °C;
- čištění mechanicky nebo proudem tekutiny;
- obrábění za účelem vytvoření geometricky definovaného povrchu pro další návar, přičemž všechny uvedené kroky se opakují, a to až do vytvoření celého dílce.

30

2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že chlazení se provádí zaplavením dílce chladicí kapalinou do úrovně maximálně 3 mm pod novým návarem.

35

3. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že chlazení se provádí ochlazováním pracovního stolu stroje.

4. Zařízení k provádění způsobu podle kteréhokoli z předchozích nároků obsahující nosnou strukturu stroje, která je tvořena ložem (12), stojanem (13) a alespoň třemi pohybovými osami X, Y, Z, které jsou spojeny mezi sebou a/nebo se stojanem a ložem pomocí lineárních vedení (10, 11, 14, 15, 16, 17) a pracovní stůl (1), u kterého je umístěna alespoň jedna navařovací hlava a alespoň jedna obráběcí hlava, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že v zařízení jsou v jednom uzavřeném odvětrávaném prostoru integrovány alespoň tři pohybové osy (10, 11, 14), vřeteník a vřetení jako jednotka (23) pro modifikaci tvaru návaru s nástrojem (18), přičemž k tělesu vřeteníku jsou připevněny další technologické jednotky, vybrané ze skupiny navařovací hlava (20), jednotka pro přetržené chlazení (21), jednotka pro čištění návaru (22), jednotka pro čištění a sušení povrchu (24) a jednotka pro kontrolu teploty (25) a stůl (1) je vybaven vnitřním chlazením (27).

5. Zařízení podle nároku 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že je doplněno o další dvě pohybové rotační osy pro vytvoření stroje s pěti řízenými osami.

6. Zařízení podle nároku 4 nebo 5, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pohybové osy jsou opatřeny elektrickým servopohonem, který je propojen s řídicím systémem stroje.

7. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 4 až 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je opatřeno alespoň jedním čidlem teploty pro měření teploty vytvářeného dílce.

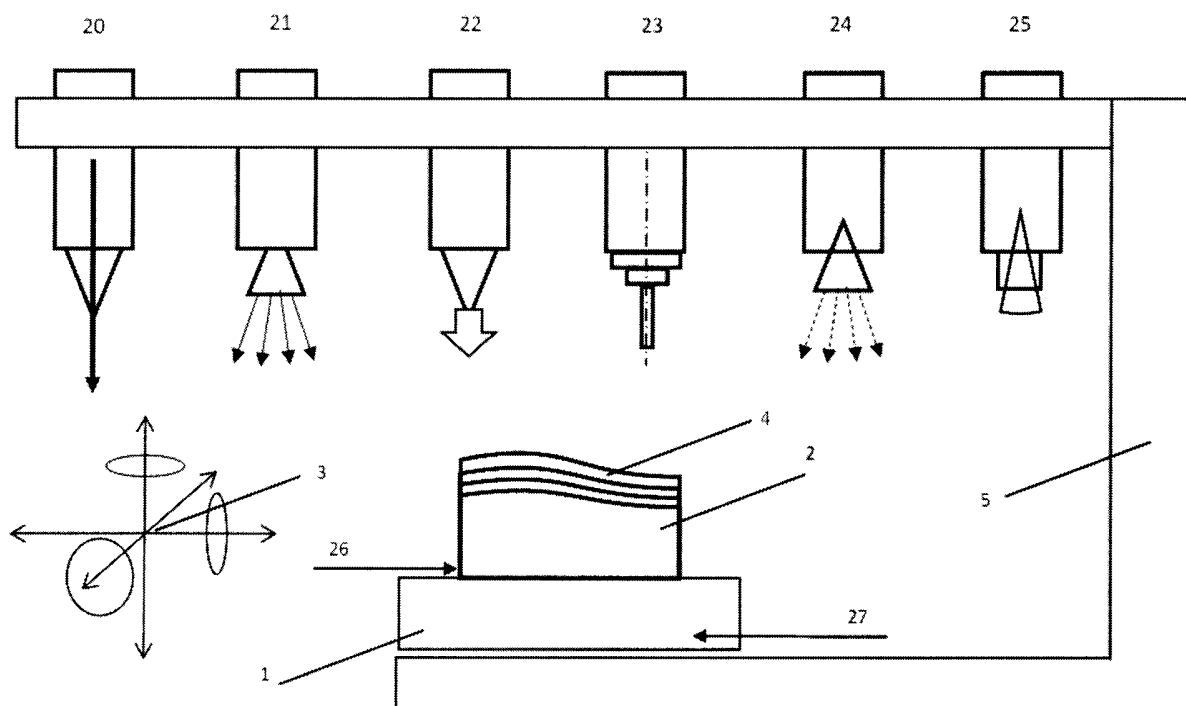
5

2 výkresy

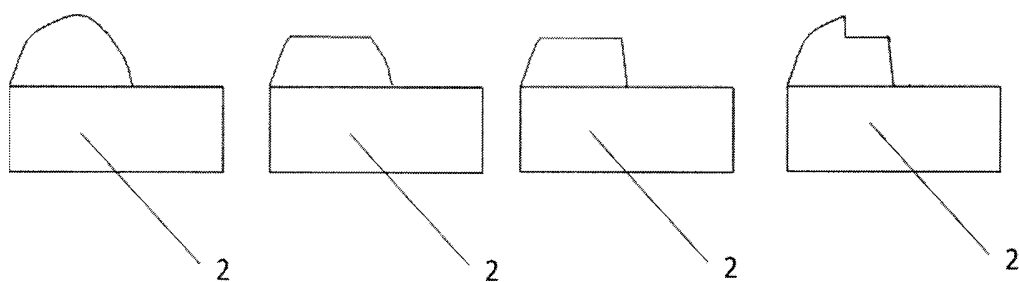
10

Seznam vztahových značek:

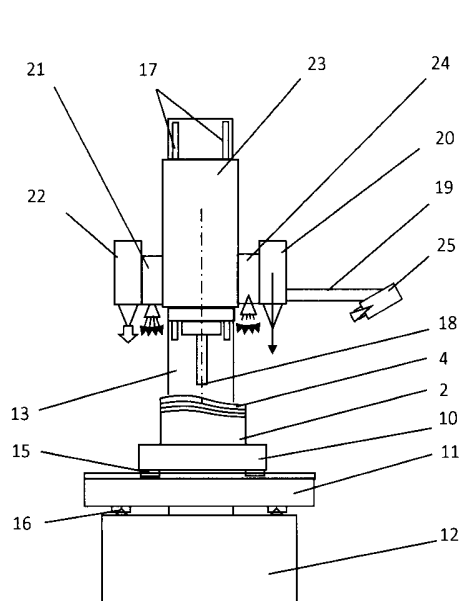
- | | |
|----|--|
| | 1 – stůl |
| | 2 – vyráběný dílec |
| 15 | 3 – souřadný systém pro relativní pohyb dílce vůči stroji a jednotlivým technologickým jednotkám |
| | 4 – poslední vytvořená vrstva dílce |
| | 5 – nosná struktura |
| | 10 – stůl a pohybová osa X |
| | 11 – křížové saně a pohybová osa Y |
| 20 | 12 – lože stroje |
| | 13 – stojan stroje |
| | 14 – vřeteník a pohybová osa Z |
| | 15 – lineární vedení pohybové osy X |
| | 16 – lineární vedení pohybové osy Y |
| 25 | 17 – lineární vedení pohybové osy Z |
| | 18 – frézovací nástroj |
| | 19 – držák snímače |
| | 20 – navařovací hlava |
| | 21 – jednotka pro přetržité chlazení |
| 30 | 22 – jednotka pro čištění návaru |
| | 23 – jednotka pro obrábění návaru pro modifikaci tvaru |
| | 24 - jednotka pro čištění a sušení povrchu |
| | 25 - jednotka pro kontrolu teploty |
| | 26 - systém průběžného chlazení dílce |
| 35 | 27 – systém průběžné chlazení stolu/palety |



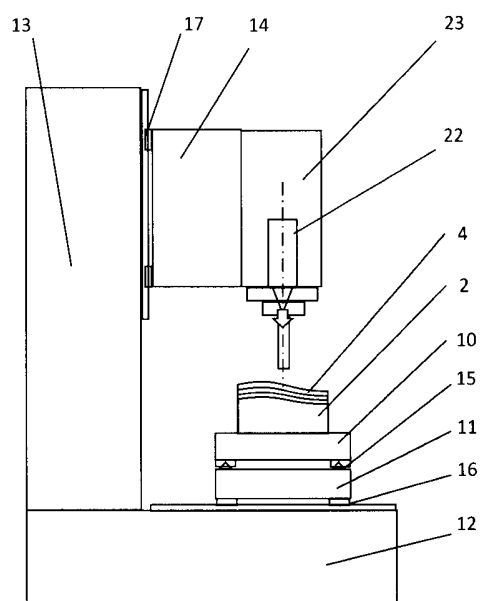
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4