Příloha 1

Protokol chemického složení výchozího materiálu 42CrMo4

ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

Protokol o chemickém složení

Materiál: 42CrMo4
Zadavatel: Ing. Matlák
Označ. vzorku: tyč

Protokol č.: 017/2017
Poř. číslo knihy:018/2017
Zkušební stroj:Spectrumat GDS 750

Výsledné chemické složení:

Ozn. vzorku	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	Cu	Al
tyč	0,41	0,69	0,25	0,007	0,015	1,04	0,08	0,20	0,00	0,00	0,11	0,037

Ozn. vzorku	Ti	Co	B	Sn	Sb	Nb						
tyč	0,01	0,01	0,000	0,01	0,00	0,00						

Zpracoval: Ing. Pavel Doležal, Ph.D.

V Brně dne 27. dubna 2017

.....
doc. Ing. Vit JAN, Ph.D.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta strojního inženýrství, Ústav materiálových věd a inženýrství, Technická 2896/2, Brno 616 69 • http://imse.fme.vutbr.cz
doc. Ing. Vít JAN, Ph.D., tel.: 5 4114 3187, e-mail: jan@fme.vutbr.cz • Ing. Pavel DOLEŽAL, Ph.D., tel.: 5 4114 3189, e-mail: dolezal@fme.vutbr.cz

Příloha 2

Atest prášku M-771.33 použitého
k zhotovení nástřiku NiCrBSi

FST Flame Spray Technologies

Flame Spray Technologies BV
Dijkgraaf 40, 6921RL DUIVEN
The Netherlands
T +31 26 3190140 F +31 26 3190141
Info@fst.nl www.fst.nl

CERTIFICATE OF CONFORMITY

Inspection certificate EN 10204: 2004 3.1

Výzkumný a zkusební ústav v Plzni s.r.o.
Tovarni 739/1
643 00 BRNO
Czech Republic

Cert No.	12353
Date	17-10-2017
Customer PO No.	17-02200492
Our ref.	SO020829
Packing List	PL026127

Product	**Description**
M-771.33	NiCrSiB 60HRC -53+ 20µm

Batch: 00000045 51299 **Powder Despatch:** 30 kg

Chemical Analysis

Element	Result %
B	3,36
C	0,86
Cr	16,03
Fe	3,79
N2	0,01
Ni	Balance
O2	0,03
Others	0,40
P	0,08
Si	4,20

Particle Size Distribution

Particle Range	% Retained	Method
>63	0	**Sieve**
>53	0,7	**Sieve**
>45	19,9	**Sieve**
>38	Balance	**Sieve**
>25	33,2	**Laser**
<25	4,7	**Laser**
<20	0,4	**Laser**
<17	0	**Laser**

Physical Tests

Test	Test Desc	Result
Hall Cup Flow	**Hall Cup Flow - secs/ 50gms**	14,6
Apparent Density	**Apparent Density gm/ cm3**	4,2
Hardness Rc	**Rockwell HRc**	62,3

Always mix well before using

Other Test / Remarks

Certified that the supplies detailed herein have been inspected and tested in accordance with the conditions and requirements of the contract or purchase order, and unless otherwise noted above, conform in all respects to the specification relevant there to.

Signed: M.Zwetsloot
P/P: D.Setrodipo
M. Goelamhaider / I.van Honstede

Date: 17-10-2017

Příloha 3

Komplexní ovládací program EB zařízení použitý pro zhotovení vzorků.

```
;  Program pro povrchove zpracovani - disertace

;  Rev:              v1.0
;  Date of creation:  10.11.2015
;  Created by:       Jiri Matlak

;-------------- definice ----------------------------------
DEF REAL _AnfX, _AnfY, _L, _SI, _SO, _CelkL, _SOX, _SOY
DEF REAL _SQ1, _SQ2, _Kor1, _Kor2, _PulsFRQ, _Tast
DEF REAL _TotL, _EndX, _EndY, CelkL, _Uhel, _SIX, _SIY

DEF BOOL      _Pos=     ;1=aktivace pevne vychozi pozice
DEF BOOL      _Video=   ;1=aktivace nahravani videa
DEF BOOL      _Puls=    ;1=aktivace pulzniho rezimu

;Vychozi smer pohybu - osa Y (v X nebude fungovat)

;************** Parameters **********************************

_KALWERT=   ;kalibracni hodnota

;-------------- kaleni ----------------------------
_SLs=       ;povrchovy fokus pro procesní proud [mA]
_SQ1=         ;pocatecni pracovní proud [mA]
_SQ2=_SQ1         ;koncovy pracovní proud [mA]
_Kor1=         ;pocatecni korekce fokusu [mA]
_Kor2=_Kor1       ;koncova korekce fokusu [mA]

;-------------- deflekce ----------------------------------
_Fig=         ;obrazec
_FRQs=     ;skenovaci frekvence obrazce [HZ]
_SWXs=        ;velikost obrazce X [mm]
_SWYs=       ;velikost obrazce Y [mm] (0 pro pohyb v Y)

;-------------- pulzni rezim (_Puls=1) ----------------------
_PulsFRQ=     ;pulzni frekvence [Hz]
_Tast=       ;zdrzeni [%]

;-------------- pozorovani ----------------------------------
_SLb=    ;proud cocky pro ELO [mA]
_SQb=       ;pozorovaci proud ELO [mA]
_SWXb=       ;velikost pozorovani ELO[mm]

;-------------- pohyb ---------------------------------------
_Fp=        ;rychlost najezdu na vychozi pozici [mm/s]
_Fs=         ;rychlost pohybu procesu [mm/s]
_AnfX= ;pevna vychozi pozice X [mm]- kdyz _POS=1
_AnfY=    ;pevna vychozi pozice Y [mm]- kdyz _POS=1
_L=         ;delka zpracovane oblasti [mm]
_SI=         ;delka slope in [mm](mimo_VD)
_SO=         ;delka slope out [mm] (mimo _VD)
```

```
;************** Main programm ******************************

INITIAL
KALWERT(_KALWERT)              ;nastaveni kalibracni hodnoty

IF _POS == 1                   ;nastaveni pevne vychozi pozice
  G1 G53 X=AC(_AnfX) Y=AC(_AnfY) Fms _Fp       ;najezd na VP
ENDIF

;-------------- zadani pocatku a konce ----------------------

WRT (B_SWX,_SWXb,B_SL,_Slb,Auff,1)
SNS

HDW_O (B_SWX,5)                                ;ZOOM
HDW_X (Auff,0)                    ;kontrast ELO pozorovani
HDW_SL_EIN                            ;zmena proudu cocky
COPY_SW (B_SWX,B_SWY)          ;ctvercove okno pro pozorovani

ELO_EIN(21)                       ;spusteni pozorovani ELO
G1 G53 SL _SLb) SQ _SQb) F1000       ;najeti parametru svazku
STOPRE

MSG("Najdi vychozi bod a potvrd pomoci [cycle start]")

SQ_EIN_M0                             ;spusteni svazku

M00
STOPRE
G1 G53 SQ 0) F1000                ;vynulovani proudu svazku
G91 Y=-5 F1000                        ;aplikace vyoseni
STOPRE

_AnfX=$AA_IM[X]                   ;ulozeni X vychozi polohy
_AnfY=$AA_IM[Y]                   ;ulozeni Y vychozi polohy
R409=_AnfX                      ;ulozeni x polohy do pameti
R410=_AnfY+5                     ;ulozeni y polohy do pameti
STOPRE

_TotL=_L+_SI+_SO+5                 ;vypocet celkove delky

G1 G53 G91 Y=_TotL F4000              ;posuv na koncovy bod

SQ_EIN_M0                             ;spusteni svazku
G1 G53 SQ _SQb) F1000             ;nastaveni proudu svazku

MSG("Najdi koncovy bod a potvrd pomoci [cycle start]")

M00
STOPRE
```

```
G1 G53 SQ 0) F1000                ;vynulovani proudu svazku
G91 Y=5 F1000                     ;aplikace vyoseni
STOPRE
_EndX=$AA_IM[X]                   ;ulozeni X koncove polohy
_EndY=$AA_IM[Y]                   ;ulozeni Y koncove polohy
STOPRE

WRT (S_SQ,0)                ;vymazani hodnoty proudu svazku
ELO_AUS                           ;vypnuti pozorovani ELO

HDW_O (0)                              ;ZOOM vypnut
HDW_X (0)                             ;kontrast vypnut
HDW_SL_AUS                            ;proud cocky vypnut
COPY_SW(AUS)                ;vypnuti ctvercoveho pozorovani
STOPRE

MSG ("Chvili strpeni, probiha vypocet")

;---------- vypocet -------------------------------------

_CelkL=SQRT(POT(_EndX-_AnfX)+POT(_EndY-_AnfY))   ;celkova delka
_Uhel=ATAN2((_EndX-_AnfX),(_EndY-_AnfY))          ;uhel stopy

_SIX=_AnfX+(_SI*cos(_Uhel))           ;X-koncovy bod slope-in
_SIY=_AnfY+(_SI*sin(_Uhel))           ;Y-koncovy bod slope-in
_SOX=_EndX-(_SO*cos(_Uhel))         ;X-pocatecni bod slope-out
_SOY=_EndY-(_SO*sin(_Uhel))         ;Y-pocatecni bod slope-out

;---------- nastaveni vychylovaciho obrazce ----------

WRT(S_FRQ,_FRQs,S_Fig,_Fig,S_SWX,_SWXs,S_SWY,_SWYs)
SNS

G1 G53 SQ 0) Sl _SLb) F1000
VEKTOR_XY

MSG("Zkontroluj obrazec a zacni proces stiskem [cycle start]")

;---------- spusteni nahravani videa ---------------------

If _Video==1
  CCD_EIN(1)
  MSG("Nastav nahrávání a pokračuj stiskem [cycle start]")
  M00
  VIDEO(1)
  G4F1
  MSG("Zkontroluj obrazec a zacni proces stiskem [cycle start]")
EndIf

;---------- spusteni pulzniho rezimu ---------------------
```

```
If _Puls==1
  WRT(SQ_FRQ,_PulsFRQ,SQ_TAST,_Tast)
  SNS
  IBPULS_EIN
EndIf

;-------------- prubeh procesu ------------------------------

STOPRE
M00
MSG("Probiha proces povrchoveho zpracovani")

G1 G53 X=AC(_AnfX) Y=AC(_AnfY) Fms _Fp     ;najezd na slope-in
STOPRE
G1 G53 G64 X=AC(_SIX) Y=AC(_SIY) Fms _Fs            ;slope-in
G1 G53 G64 SL (_Sls+_Kor1))             ;pracovni proud cocky
STOPRE
G1 G53 G64 SQ (_SQ1))                   ;svazek na slope-in
STOPRE
G1 G53 G64 X=AC(_SOX) Y=AC(_SOY) SQ (_SQ2)) SL (_Sls+_Kor2))
G1 G53 G64 X=AC(_EndX) Y=AC(_EndY) SQ 0) SL (_Slb)) ;slope-out
G1 G53 G64 X=AC(_AnfX) Y=AC(_AnfY) Fms _Fp  ;navrat na zacatek

;-------------- vypnuti nahravani videa ----------------------

If _Video==1
  G4F1
  VIDEO(0)
  CCD_AUS
EndIf

;-------------- vypnuti pulzniho rezimu ----------------------

If _Puls==1
  IBPULS_AUS
EndIf


MSG()
WRT(S_VEK,0)
SNS
VEKTOR_AUS
WRT(S_Fig,2,S_FRQ,400,S_SWX,20,S_SWY,20)
SNS
M02
```

Příloha 4

Optimalizované parametry
analyzovaných vzorků

ZPRACOVÁNÍ V PEVNÉ FÁZI

- **Vychylovací mód „1 bod“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
B02	5	15	100	0	0	0	1000				
B07	16	15	200	0	0	0	1000				
B12	33	15	300	0	0	0	1000				
B17	58	15	400	0	0	0	1000				
B22	3	5	100	0	0	0	1000				
B19	3	10	100	0	0	0	1000				
B02	5	15	100	0	0	0	1000				
B25	6	20	100	0	0	0	1000				
B27	7	25	100	0	0	0	1000				

- **Vychylovací mód „6 bodů“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
S13	13	15	50	53	0	10	1000				
S4	23	15	100	53	0	10	1000				
S7	37	15	200	53	0	10	1000				
S8	58	15	300	53	0	10	1000				
S23	14	5	100	53	0	10	1000				
S15	18	10	100	53	0	10	1000				
S4	23	15	100	53	0	10	1000				
S18	27	20	100	53	0	10	1000				
S21	30	25	100	53	0	10	1000				

- **Vychylovací mód „11 bodů“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
E13	14	15	50	53	0	10	1000				
E04	21	15	100	53	0	10	1000				
E15	26	15	150	53	0	10	1000				
E07	33	15	200	53	0	10	1000				
E10	55	15	300	53	0	10	1000				
E19	84	15	400	53	0	10	1000				
E31	13	5	100	53	0	10	1000				
E25	18	10	100	53	0	10	1000				
E04	21	15	100	53	0	10	1000				
E28	25	20	100	53	0	10	1000				

- **Vychylovací mód „pole“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
P02	32	15	50	60	12	0	4136	3	10	0	1000
P06	37	15	100	60	12	0	4136	3	10	0	1000
P09	44	15	200	60	12	0	4136	3	10	0	1000
P14	64	15	300	60	12	0	4136	3	10	0	1000
P19	14	5	100	60	5	0	4136	3	10	0	1000
P31	23	10	100	60	10	0	4136	3	10	0	1000
P06	37	15	100	60	12	0	4136	3	10	0	1000
P35	46	20	100	60	20	0	4136	3	10	0	1000
P24	66	25	100	60	25	0	4136	3	10	0	1000
P02	32	15	50	60	12	0	4136	3	10	0	1000

- **Vychylovací mód „linka“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
L24	12	15	50	3	0	10	1000				
L03	19	15	100	3	0	10	1000				
L06	30	15	200	3	0	10	1000				
L13	48	15	300	3	0	10	1000				
L20	82	15	400	3	0	10	1000				
F12	12	5	100	3	0	10	1000				
F23	13	7,5	100	3	0	10	1000				
F02	15	10	100	3	0	10	1000				
F18	18	12,5	100	3	0	10	1000				
L03	19	15	100	3	0	10	1000				
F08	22	20	100	3	0	10	1000				
F17	25	25	100	3	0	10	1000				
L24	12	15	50	3	0	10	1000				

- **Vychylovací mód „meandr“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
M09	16	15	100	56	0,5	10	15				
M14	32	15	200	56	0,5	10	15				
M20	51	15	300	56	0,5	10	15				
M33	9	5	100	56	0,5	10	5				
M25	13	10	100	56	0,5	10	10				
M09	16	15	100	56	0,5	10	15				
M28	19	20	100	56	0,5	10	20				
M34	21	25	100	56	0,5	10	25				

- **Zpracování pomocí laseru**

Vzorek	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	Šíře stopy [mm]
L01	5	Maximální	Elipsa	10
L02	15	Maximální	Elipsa	10
L03	15	$\frac{\text{Maximální}}{2}$	Elipsa	0
L04	5	$\frac{\text{Maximální}}{2}$	Elipsa	0
L05	5	Maximální	Bod	10
L06	15	Maximální	Bod	10
L07	3	maximální	elipsa	10

- **Zpracování pomocí elektromagnetické indukce**

Vzorek	Mřížkový proud [A]	Anodové napětí [kV]
I01	2,6	3,5
I02	2,8	4,5
I03	2,9	5,0

ZPRACOVÁNÍ V KAPALNÉ FÁZI

- **Vychylovací mód „6 bodů“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
ST07	24	15	200	53	0	10	1000				
ST12	35	15	300	53	0	10	1000				
ST06	9	5	100	53	0	10	1000				

- **Vychylovací mód „pole“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
PT23	27	15	100	60	12	0	4136	3	10	0	1000
PT25	31	15	200	60	12	0	4136	3	10	0	1000
PT26	42	15	300	60	12	0	4136	3	10	0	1000
PT22	10	5	100	60	5	0	4136	3	10	0	1000
PT23	27	15	100	60	12	0	4136	3	10	0	1000
PT28	49	25	100	60	25	0	4136	3	10	0	1000

- **Vychylovací mód „linka“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
LT45	9	15	50	3	0	10	1000				
LT02	12	15	100	3	0	10	1000				
LT43	19	15	200	3	0	10	1000				
LT33	36	15	300	3	0	10	1000				
LT14	10	5	100	3	0	10	1000				
LT47	10	10	100	3	0	10	1000				
LT02	12	15	100	3	0	10	1000				
LT27	14	20	100	3	0	10	1000				
LT42	17	25	100	3	0	10	1000				
LT10	14	10	100	3	0	10	1000				

- **Vychylovací mód „meandr“**

Vzorek	I_{EB} [mA]	v_s [mm·s^{-1}]	Offset [mA]	FIG1 [-]	SWX [mm]	SWY [mm]	FRQ [Hz]	FIG2 [-]	SWX2 [mm]	SWY2 [mm]	FRQ2 [Hz]
MT08	20	15	200	56	0,5	10	15				
MT16	35	15	300	56	0,5	10	15				
MT09	6	5	100	56	0,5	10	5				

Ing. et Ing. Jiří Matlák
2019.07.17 18:38:41
+02'00'