



**80. jednání Odborné komise pro  
litinu s kuličkovým grafitem a 54.  
setkání slévačů ČSS středních Čech**

# Role MES ve spojení s metalurgií plněnými profily

Dr. Ing. Marko Grzinčič

14.10.2021



# Motto

Zákazník se nechce bavit o dalším produktu.

Chceme se bavit o tom, co slévárně produkt přinese, o tom, jak bude vypadat zákazníkům vyřešený problém nebo potřeba.“

# Obsah

- Metalurgie plněnými profily
- MES\_elektronická tavící kniha
- Termická analýza AccuVo<sup>®</sup>
- Přínosy



**TECHNICAL  
SERVICE  
KUEHN GMBH**





## **Tavírna nemá čas – rychlá reakce**

Otevřený kelímek versus AccuVo-Cup® - 90 versus 230 s

## **Vstupní kvalita taveniny má být stabilní - $T_{liq}$ v rozsahu $\pm 2^{\circ}\text{C}$**

Pouze určitý typ termické analýzy je spolehlivý zdroj dat (AccuVo®)

## **Výstupní kvalita taveniny má být stabilní – variabilní dávkování modifikátoru**

Pouze určitý typ termické analýzy je spolehlivý zdroj dat (AccuVo®)

## **Výstupní kvalita taveniny má být stabilní – variabilní dávkování očkovačla**

Jedinečné řešení očkování vzorku taveniny je spolehlivý zdroj dat (AccuVo®)

## **Snižovat lidskou chybu - procesy digitalizovat, uživatelsky přívětivě**

MES od dodavatele apromace GmbH

## **Zpětná rychlá bezchybná dohledatelnost dat**

MES od dodavatele apromace GmbH



# Měřicí řetězec

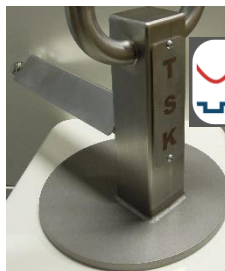
II Testovací formička



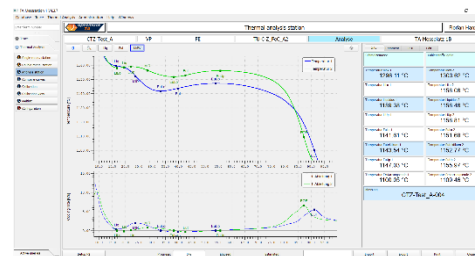
III Termočlánkový drát, konektor



IV A/D převodník



PC

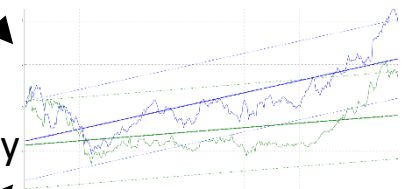


V Vyhodnocení křivky  
VI Model  
VII Uživatelské rozhraní



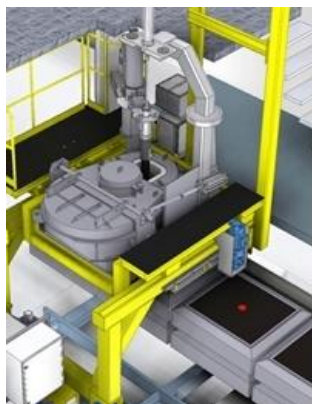
I Odběr vzorku na tavárně

XII Kalibrace systému  
XIII Korelační a regresní analýzy



VIII

I' Odběr vzorku po Mg-dávkování



X Odlitky/kvalita



IX Labák

XI Slévárenský informační systém



# Termická analýza

Stupeň naplnění  
reprodukovatelný

Jednotný  
vtok pro  
2 komůrky

Anorganické  
pojivo



Komůrka A

Průměr drátu  
0,5 mm

Komůrka B

Očkovadlo 0,04 nebo 0,1%

Množství 48 mg

Přesnost  $\pm 2$  mg

S nebo bez síry

Kvalita drátu

Chyba  $\pm 0,50$  °C

$>800$  °C/s

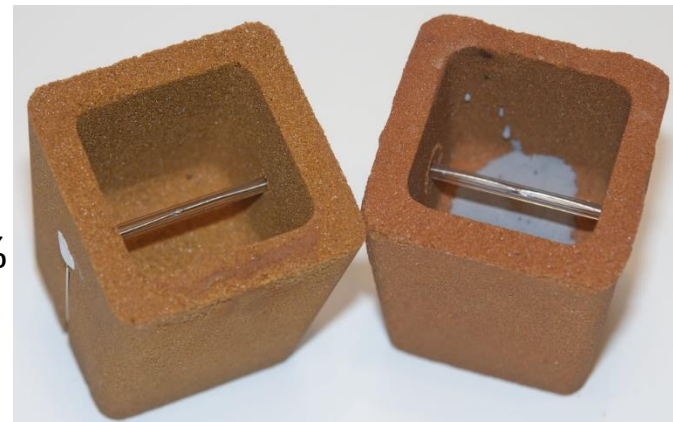
Optimalizovaná  
dělicí rovina

Koule  $\varnothing$  30 mm  
120 g

Termočlánkový  
spoj/čelní spojení  
drátů v délce 0,5mm

Průměr trubičky  
1,6 mm

Tangenciální zavtokování komůrky



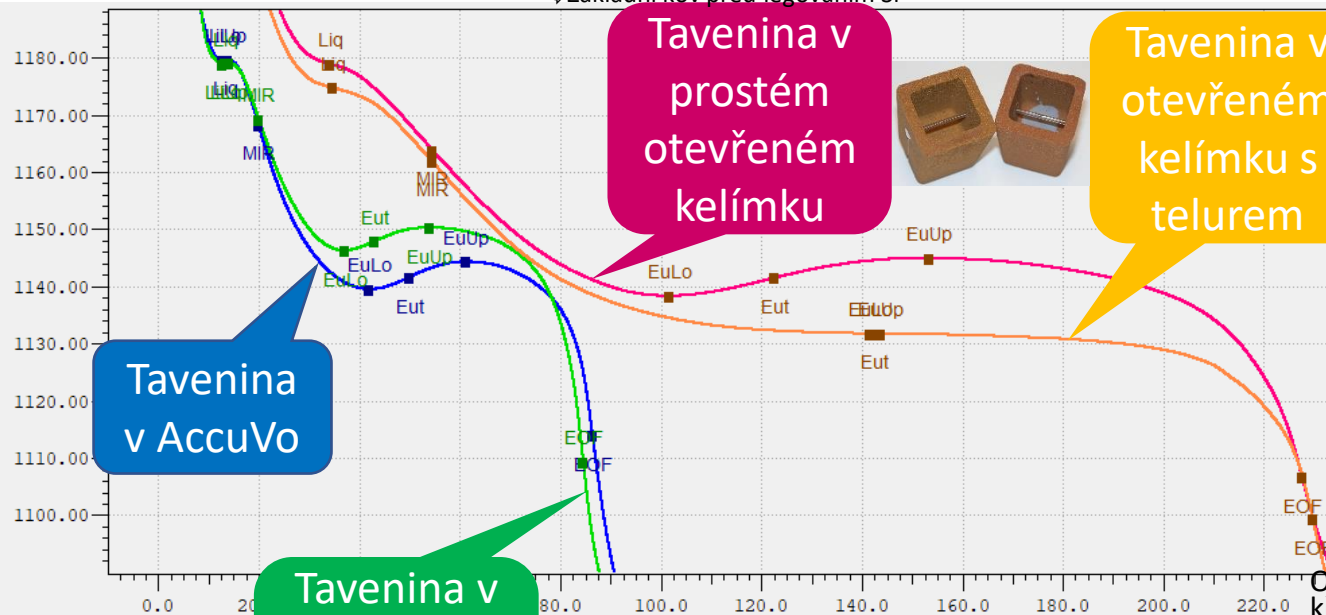


# Příklady analýz

Rozdíl odtížit shodné taveniny do OpenCup a AccuVo

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
3,68	0,782	0,027	0,014	0,0084	0,012	0,0075

Základní kov před legováním Si



Tavenina v AccuVo

Tavenina v AccuVo očkovaném 0,04% VP

Tavenina v prostém otevřeném kelímku

Tavenina v otevřeném kelímku s telurem



- Výhody AccuVo:**
- Analýza již za 90 s
  - Přesnější
  - Čitelnější oblast likvidu
  - Znám reakci na očkovadlo před očkováním

Program doporučuje dodatečné nahličení

Oranžová křivka		Modrá křivka		Zelená křivka	
Schmelzmasse	Kohlenstoffzugabe	Schmelzmasse	Kohlenstoffzugabe	Schmelzmasse	Kohlenstoffzugabe
1000.0 kg	1.66 kg	1000.0 kg	1.72 kg	1000.0 kg	1.72 kg
Temperatur Max 1	1282.92 °C	Temperatur Max 2	1286.24 °C	Temperatur Max 1	1289.87 °C
Temperatur Max 2	1286.24 °C	Temperatur Max 1	1289.87 °C	Temperatur Max 2	1295.24 °C
Temperatur LiLo 1		Temperatur LiLo 2		Temperatur LiLo 1	1179.34 °C
Temperatur LiLo 2		Temperatur LiLo 1	1179.34 °C	Temperatur LiLo 2	1178.73 °C
Temperatur Liquidus 1	1178.6 °C	Temperatur Liquidus 2	1174.53 °C	Temperatur Liquidus 1	1179.36 °C
Temperatur Liquidus 2	1174.53 °C	Temperatur Liquidus 1	1179.36 °C	Temperatur Liquidus 2	1178.76 °C
Temperatur LiUp 1		Temperatur LiUp 2		Temperatur LiUp 1	1179.38 °C
Temperatur LiUp 2		Temperatur LiUp 1	1179.38 °C	Temperatur LiUp 2	1178.80 °C
Temperatur EuLo 1	1138.13 °C	Temperatur EuLo 2	1131.54 °C	Temperatur EuLo 1	1139.29 °C
Temperatur EuLo 2	1131.54 °C	Temperatur EuLo 1	1139.29 °C	Temperatur EuLo 2	1146.07 °C
Temperatur Eutektikum 1	1141.27 °C	Temperatur Eutektikum 2	1131.54 °C	Temperatur Eutektikum 1	1141.36 °C
Temperatur Eutektikum 2	1131.54 °C	Temperatur Eutektikum 1	1141.36 °C	Temperatur Eutektikum 2	1147.66 °C
Temperatur EuUp 1	1144.74 °C	Temperatur EuUp 2	1131.55 °C	Temperatur EuUp 1	1144.11 °C
Temperatur EuUp 2	1131.55 °C	Temperatur EuUp 1	1144.11 °C	Temperatur EuUp 2	1150.07 °C
Temperatur Erstarrungsende 1	1106.41 °C	Temperatur Erstarrungsende 2	1099.12 °C	Temperatur Erstarrungsende 1	1113.72 °C
Temperatur Erstarrungsende 2	1099.12 °C	Temperatur Erstarrungsende 1	1113.72 °C	Temperatur Erstarrungsende 2	1109.17 °C



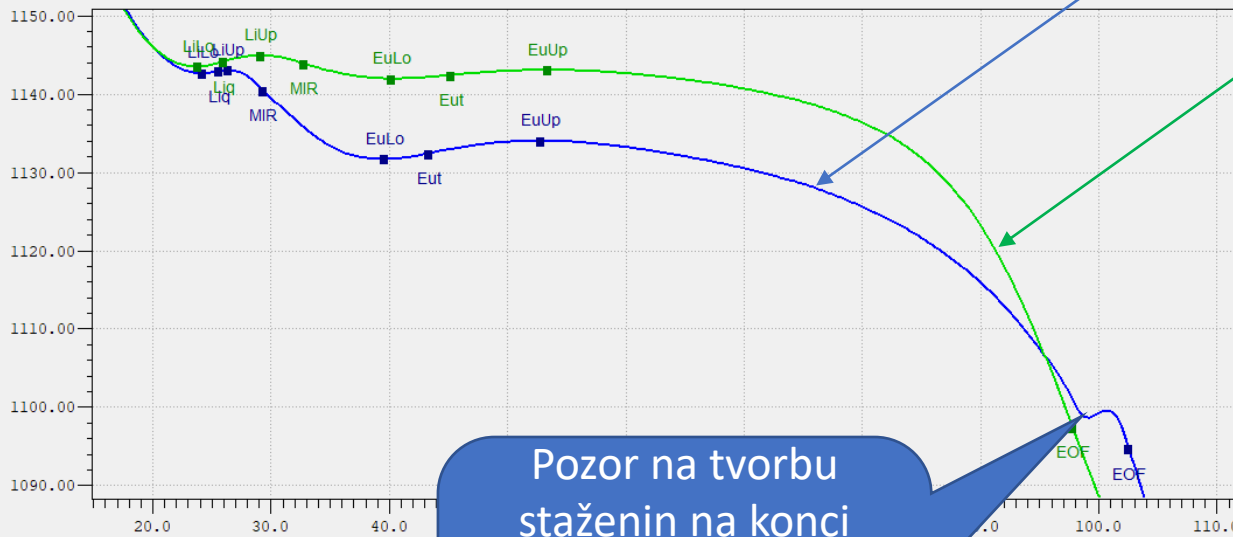
# Příklady analýz Očkovací efekt

Očkováno  
0,04% SMW



Modrá křivka

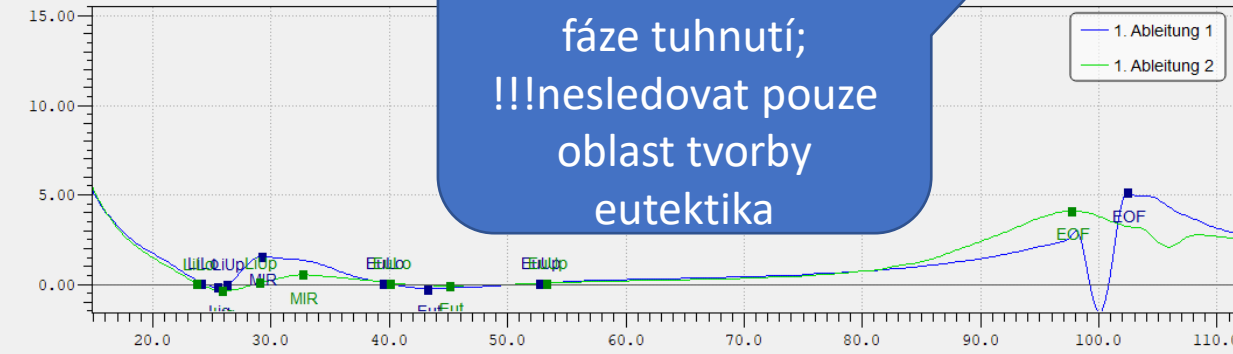
Zelená křivka



Pozor na tvorbu  
staženin na konci  
fáze tuhnutí;  
!!!nesledovat pouze  
oblast tvorby  
eutektika

Modrá křivka	Zelená křivka
Schmelzmasse 1000.0 kg	Kohlenstoffzugabe -1.54 kg
Temperatur Max 1 1332.53 °C	Temperatur Max 2 1332.35 °C
Temperatur LiLo 1 1142.48 °C	Temperatur LiLo 2 1143.31 °C
Temperatur Liquidus 1 1142.72 °C	Temperatur Liquidus 2 1143.95 °C
Temperatur LiUp 1 1142.85 °C	Temperatur LiUp 2 1144.74 °C
Temperatur EuLo 1 1131.51 °C	Temperatur EuLo 2 1141.78 °C
Temperatur Eutektikum 1 1132.24 °C	Temperatur Eutektikum 2 1142.24 °C
Temperatur EuUp 1 1133.87 °C	Temperatur EuUp 2 1142.90 °C
Temperatur Erstarrungsende 1 1094.52 °C	Temperatur Erstarrungsende 2 1097.27 °C
Messung	

Program  
doporučuje ředit  
(dovsázkovat  
nizkouhlíkový  
šrot), neboť C  
1,54 kg nad limit







# Příklad analýzy GJS

## Očkování modifikované taveniny

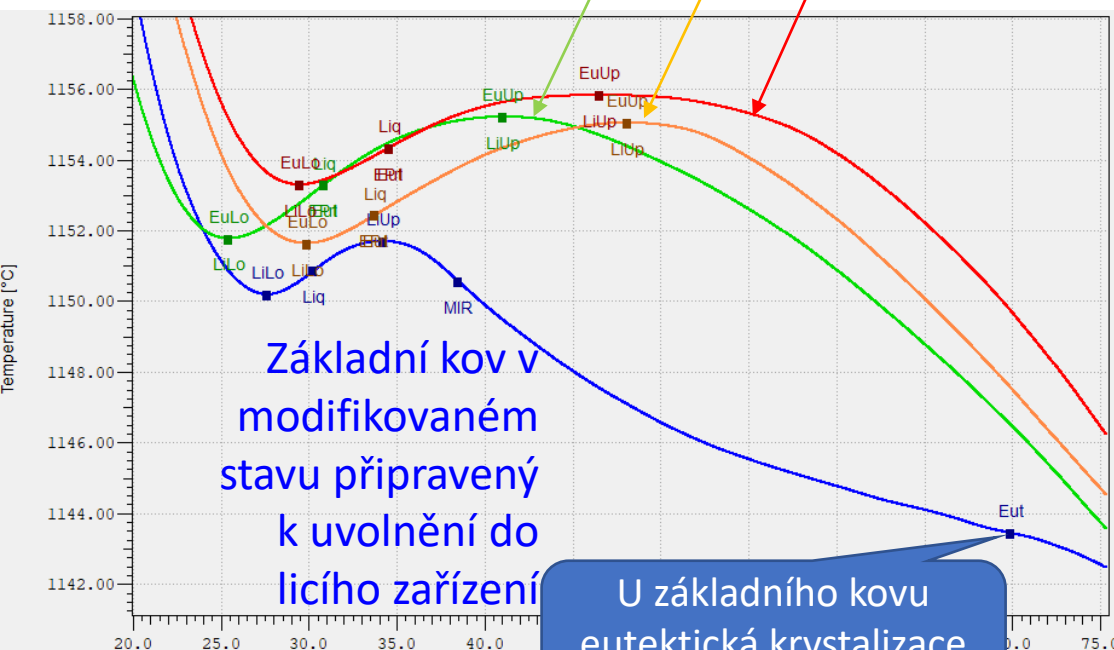
Mg	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
0,027	3,65	2,62	0,054	0,016	0,01	0,015	0,009

Sledujeme efekt různých očkovadel

Očkovadlo SMW206 (bismut) 0,04%

Očkovadlo Inoculin 90 (zirkon) 0,04%

Očkovadlo SB5 (barium, vápník) 0,04%



Základní kov v modifikovaném stavu připravený k uvolnění do licího zařízení

U základního kovu eutektická krystalizace identifikována až zde.

Modrá křivka

Schmelzmengemasse	1000.0 kg
Temperatur Max 1	1316.83 °C
Temperatur LiLo 1	1150.16 °C
Temperatur Liquidus 1	1150.82 °C
Temperatur LiUp 1	1151.66 °C
Temperatur EuLo 1	
Temperatur Eutektikum 1	1143.41 °C
Temperatur EuUp 1	
Temperatur Erstarrungsende 1	1100.04 °C

Zelená křivka

Korngrößenzugabe	-0.82 kg
Temperatur Max 2	1317.25 °C
Temperatur LiLo 2	1151.74 °C
Temperatur Liquidus 2	1153.25 °C
Temperatur LiUp 2	1155.18 °C
Temperatur EuLo 2	1151.74 °C
Temperatur Eutektikum 2	1153.25 °C
Temperatur EuUp 2	1155.18 °C
Temperatur Erstarrungsende 2	1100.59 °C



# Souvislost dat z tavírny s odlitkem

Měření s AccuVo stejně tak jako hodnocení metalografického výbrusu odhaluje efekty:

- již základní kov (neočkovaný) je kvalitní
- očkování zvýší hustotu částic o 5% a tím mírně klesne kruhovitost
- jakým způsobem působí různá očkovadla na charakteristiky grafitu

Očkování	PDS/mm <sup>2</sup>	Počet částic grafitu					Charakteristika grafitu dle velikosti a tvaru dle EN ISO 945		
		8	7	6	5		III	V	VI
Plain	483	49	40	10	1,5		17	15	68
0,04% SMW 605	502	45	40	13	1,7		19	20	61
0,04% Inoculin	513	46	39	13	1,7		21	21	57
0,04% SB5	514	42	40	16	1,5		24	26	49



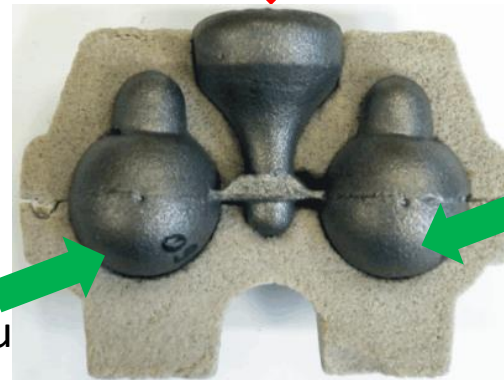
# Příklad analýzy GJS

1. stoupne síra

2. dávkování očkovačla

*Efekt modifikace?*

Tavenina odebraná z  
modifikované pánve



Tuhnutí  
bez zásahu

V komůrce taveninu  
zároveň „poškodíme“ sírou  
a očkujeme, nebo pouze  
očkujeme nebo dotujeme  
jen sírou (x variant)

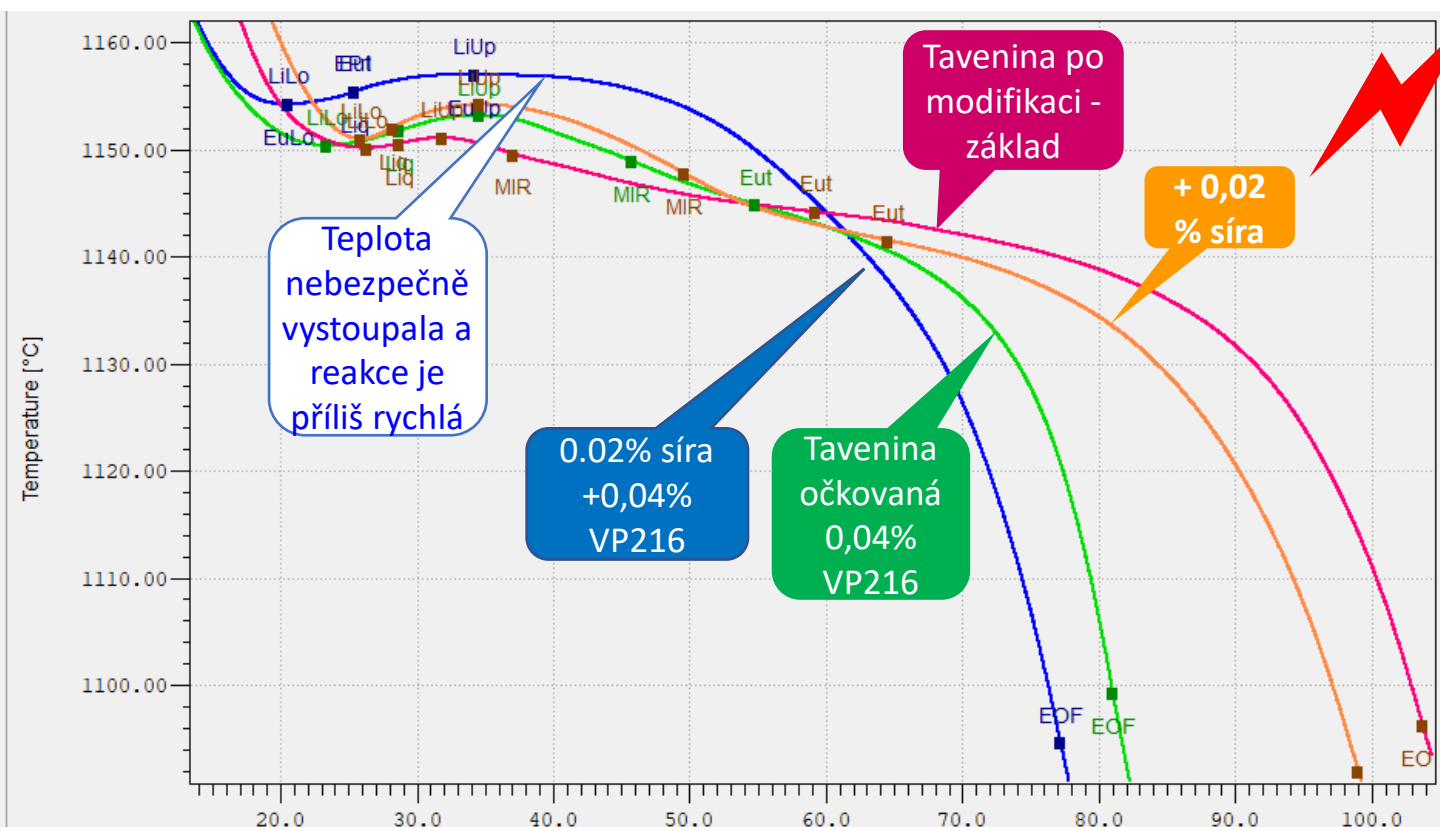
Trik ověřování modifikačního&očkovačného účinku spočívá v tom, že aniž by skutečně byla taveniny vždy zasažena vyšší sírou, tak ověřuji, jak se ve skutečnosti pod vlivem síry i očkovačla nebo jen očkovačla chová.



# Příklad – když ↑ S, jaký je vliv na charakteristiku grafitu?

*Síra snižuje účinek Mg (nevzniká kuličkový grafit) – nelze kompenzovat očkovaním*

Lze očkovadlem kompenzovat negativní vliv síry na modifikační účinek Mg?



Fialová křivka		Oranžová křivka	
Schmelzmasse	1000.0 kg	Kohlenstoffzugabe	-0.85 kg
Temperatur Max 1	1305.48 °C	Temperatur Max 2	1304.51 °C
Temperatur LiLo 1	1150.02 °C	Temperatur LiLo 2	1150.87 °C
Temperatur Liquidus 1	1150.43 °C	Temperatur Liquidus 2	1151.88 °C
Temperatur LiUp 1	1150.98 °C	Temperatur LiUp 2	1154.09 °C
Temperatur EuLo 1		Temperatur EuLo 2	
Temperatur Eutektikum 1	1144.04 °C	Temperatur Eutektikum 2	1141.40 °C
Temperatur EuUp 1		Temperatur EuUp 2	
Temperatur Erstarrungsende 1	1096.09 °C	Temperatur Erstarrungsende 2	1091.86 °C
Modrá křivka		Zelená křivka	
Schmelzmasse	1000.0 kg	Kohlenstoffzugabe	-0.42 kg
Temperatur Max 1	1266.01 °C	Temperatur Max 2	1267.27 °C
Temperatur LiLo 1	1154.14 °C	Temperatur LiLo 2	1150.27 °C
Temperatur Liquidus 1	1155.26 °C	Temperatur Liquidus 2	1151.64 °C
Temperatur LiUp 1	1156.92 °C	Temperatur LiUp 2	1153.07 °C
Temperatur EuLo 1	1154.14 °C	Temperatur EuLo 2	
Temperatur Eutektikum 1	1155.26 °C	Temperatur Eutektikum 2	1144.74 °C
Temperatur EuUp 1	1156.92 °C	Temperatur EuUp 2	
Temperatur Erstarrungsende 1	1094.48 °C	Temperatur Erstarrungsende 2	1099.17 °C

Mg	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
0,027	3,65	2,62	0,054	0,016	0,01	0,015	0,009



# Video elektronický tavební deník

<https://www.youtube.com/watch?v=KJSA9BQIOyc>

# DĚKUJI ZA POZORNOST

