



# Reducering av Inneslutningar i Nickelbaserade stål

Hans Kellner

Handledare: Andrey Karasev KTH, Arashk Memapour  
Sandvik, Pär Jönsson KTH

# Innehåll

- Syfte
- Introduktion
- Experiment
- Resultat
- Sammanfattning

# Syfte

- Minska antalet farliga inneslutningar i nickelbaserade stål
- Se hur icke metalliska inneslutningar (NMI) i FeTi70 reagerar i smältor
- Se hur FeTi70 reagerar i smältor
- Avgöra om de inneslutningar som bildas är farliga eller inte

# Introduktion

- Startade med analys av nuvarande inneslutningar i industriella produktionen
- Fortsatte med nuvarande experiment där FeTi70 undersöks som möjlig källa till inneslutningar

# Introduktion

- Inneslutningar i FeTi70 har undersökts tidigare. Då hittades Ti-Fe-Al-O, Si-Cr-Al-O, Al-O och Si-Al-O NMI's
- Storleken hittad är 1-25  $\mu\text{m}$

Referens: YanYan et al. Pande et al.

# Introduktion

- Liknande experiment har gjorts med ren Fe smälta och Ti, FeTi70 samt FeTi35.
- Såg att Ca-Al-Ti-O samt Al-Ti-O bildades när FeTi70 kom i kontakt med smältan
- Slutsatsen att inneslutningar i FeTi70 påverkar formationen av inneslutningar i smältan beroende på O

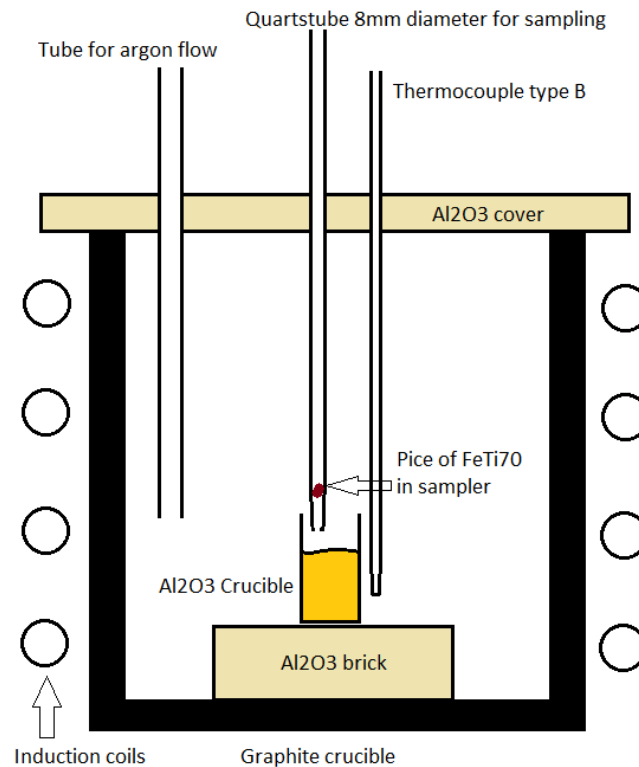
Reference: Pande et al.

# Metod - Sammansättning

	Melt composition (wt%)							Sampling time (s)					
	Fe	Ni	Cr	Mo	Mn	Cu	Al	S1	S2	S3	S4	S5	S6*
<b>Ex1</b>	99.9	---	---	---	---	---	---	10	30	60	---	---	802
<b>Ex2</b>	bal	40	20	2.5	1.0	1.5	0.1	5	10	20	10	20	425

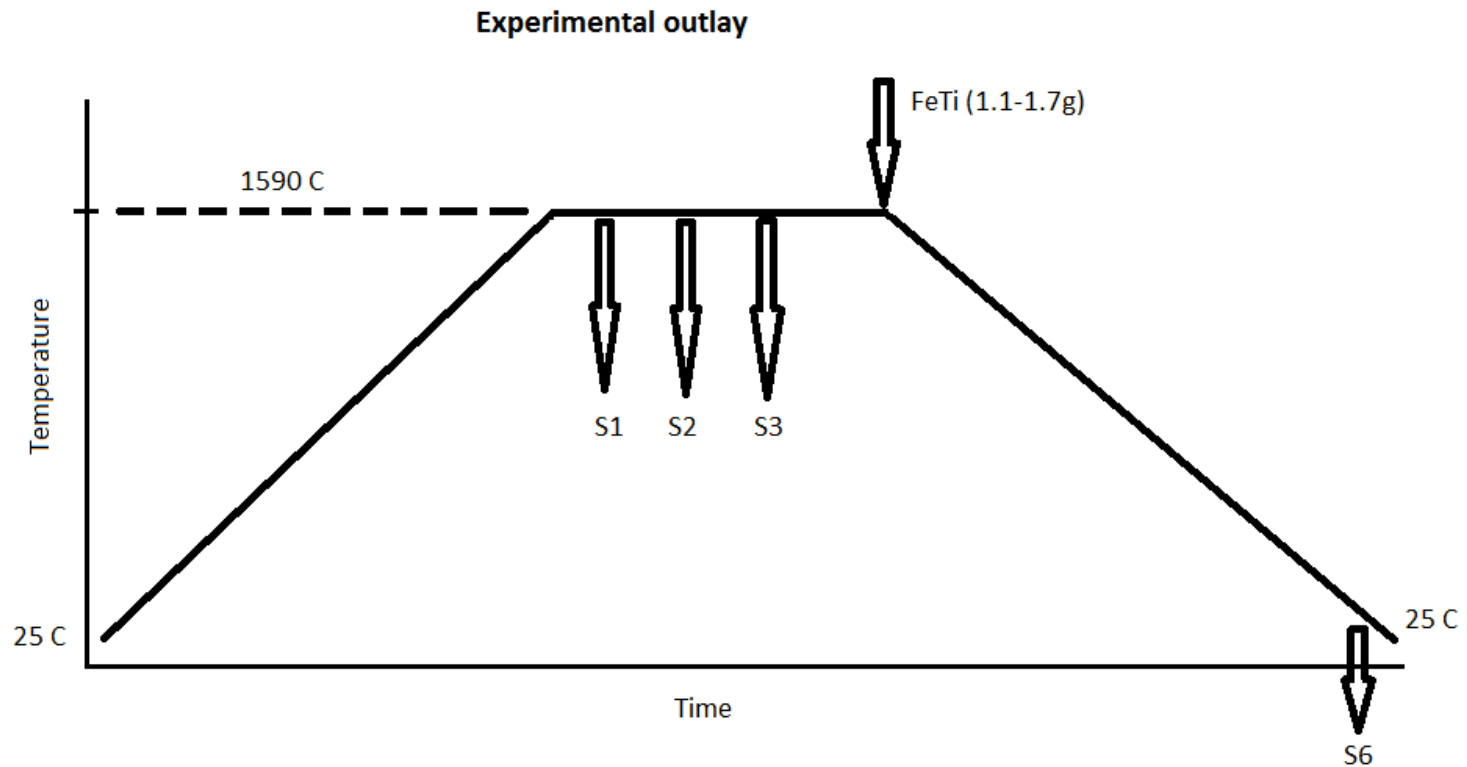
	Ti	Al	Co	V	Cr	Si	Fe	O
<b>FeTi70R</b>	75,12	5,03	0,058	2,3	0,476	0,116	Bal	>3000ppm

# Metod – Experimentell uppställning

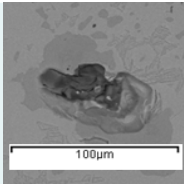
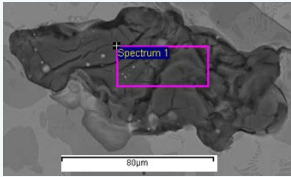
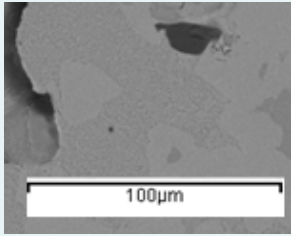




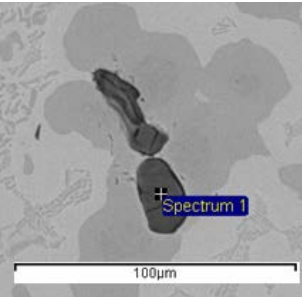
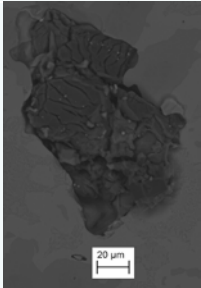
# Metod - Tidslinje





# Resultat – NMI i FeTi70

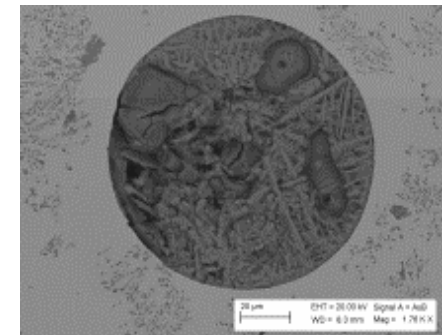
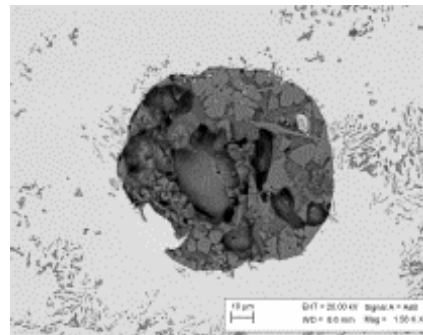
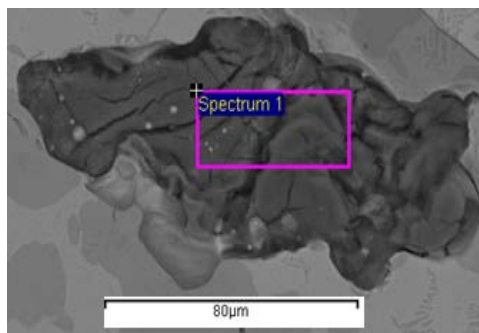
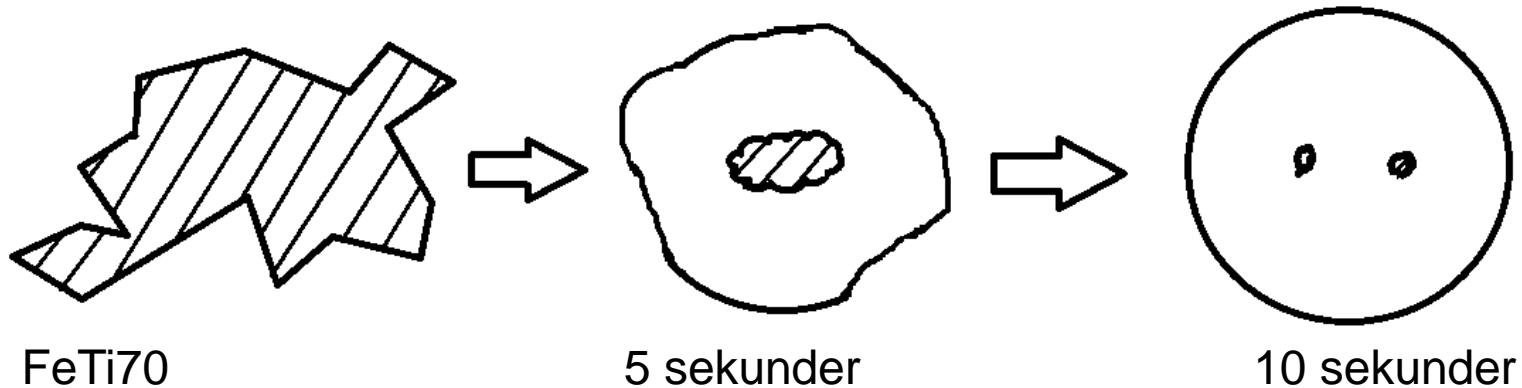
Type	Morphology	Size (µm)	Composition (wt%)		N <sub>A</sub> (cm <sup>-2</sup> )
I		20-130	CaO	95-98	3.71
			TiO <sub>2</sub>	2-3	
			SiO <sub>2</sub>	0-1	
II		60-260	CaO	64-90	5.88
			SiO <sub>2</sub>	5-14	
			TiO <sub>2</sub>	2-16	
			CaS	0-4	
			MgO	0-3	
			FeO	0-2	
III		40-100	SiO <sub>2</sub>	63-69	3.28
			CaO	20-23	
			TiO <sub>2</sub>	8-13	
			Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0-2	
			CaS	0-1	

# Resultat - NMI i FeTi70

Type	Morphology	Size (µm)	Composition (wt%)	N <sub>A</sub> (cm <sup>-2</sup> )
IV		20-240	MgO 89-90 TiO <sub>2</sub> 5-6 CaO 1-2 SiO <sub>2</sub> 1-2 FeO 1-2	1.56
V		115-450	CaF <sub>2</sub> 39-47 CaO 42-46 TiO <sub>2</sub> 4-10 CaS 0-3 MgO 0-2	1.36

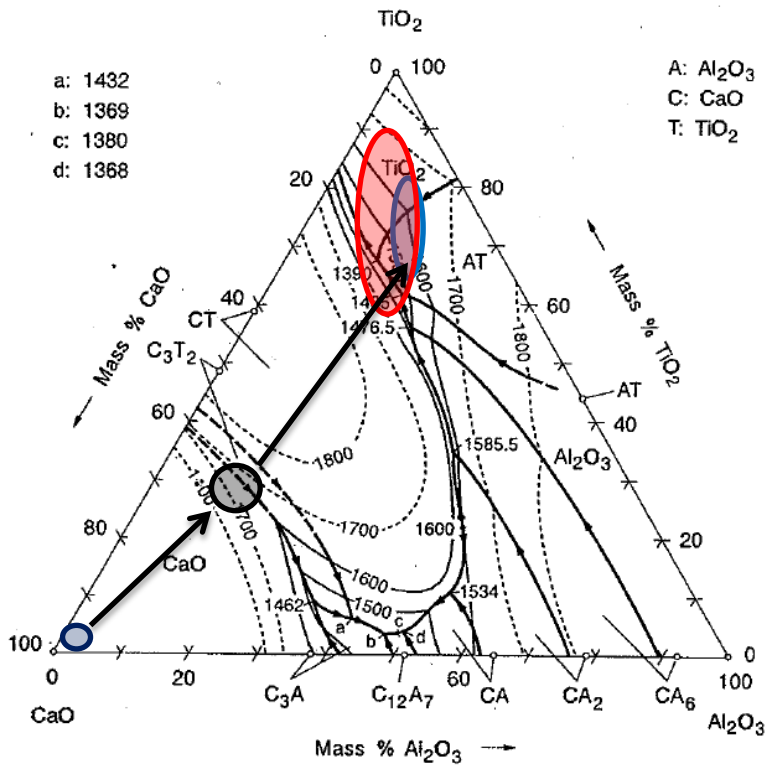
# Resultat - Typ I och II Omvandling

 CaO  
 CaO-TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



# Resultat – Typ I NMI Omvandling

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-TiO}_2$



FeTi70

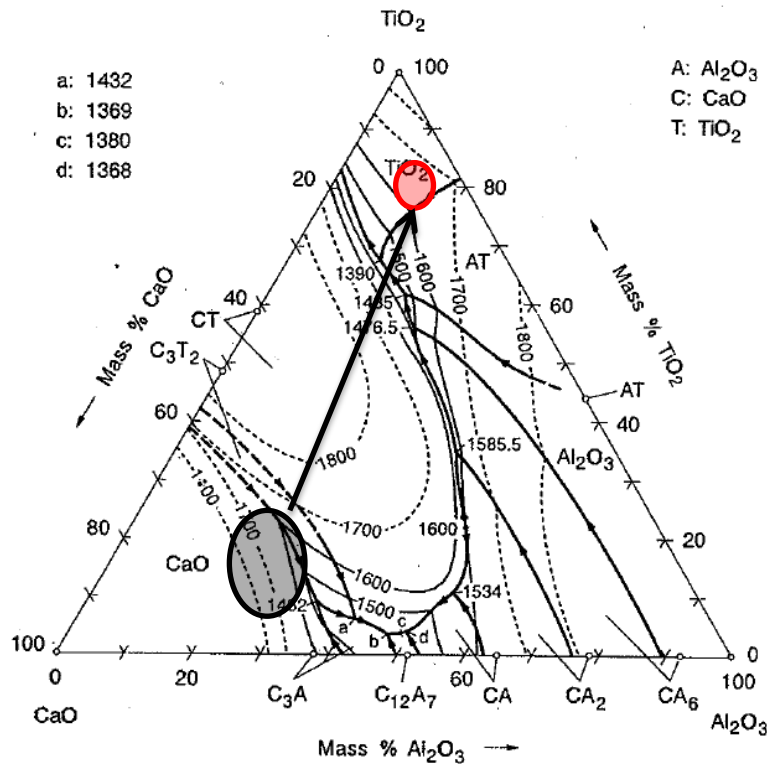
5 seconds  
(Ni)

10 seconds  
(Ni)

20 seconds  
(Ni)

# Resultat – Typ II NMI Omvandling

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-TiO}_2$

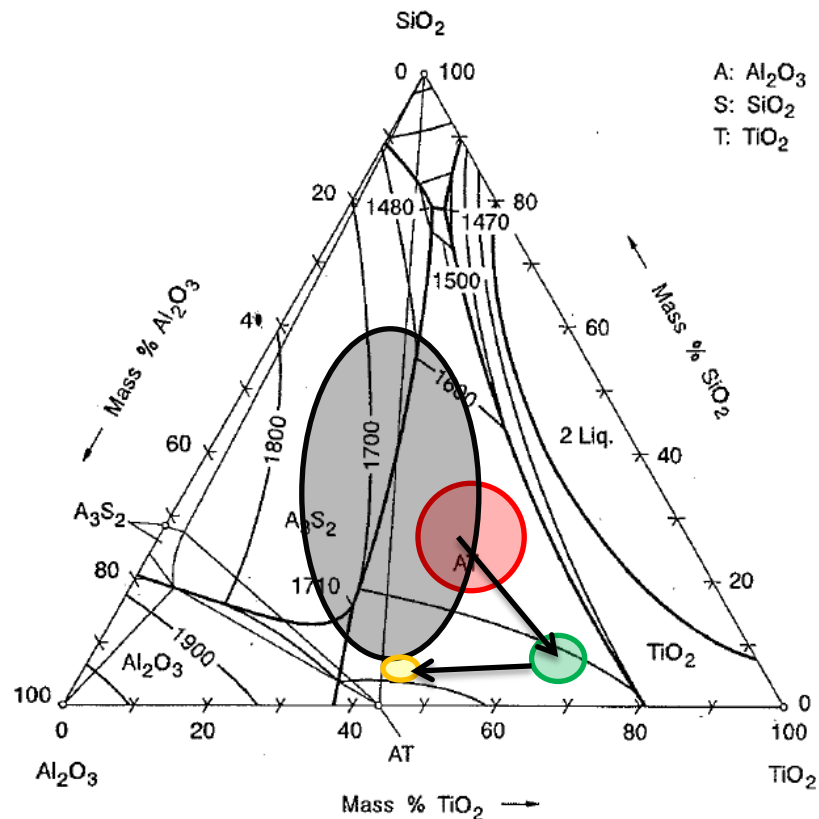


10 seconds  
(Fe)

Crucible  
(Fe)

# Resultat – Typ III NMI Omvandling

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$



10 seconds  
(Ni)

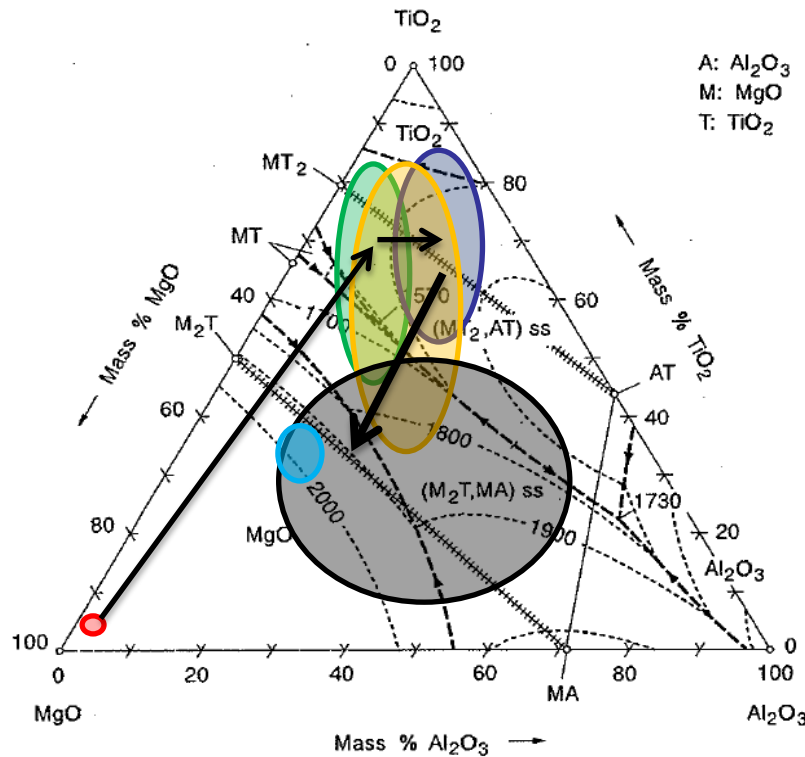
20 seconds  
(Ni)

60 seconds  
(Fe)

Crucible  
(Fe)

# Resultat - Typ IV NMI Omvandling

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-TiO}_2$



**FETi70**

10 seconds  
(Fe)

5 seconds  
(Ni)

10 seconds  
(Ni)

30 seconds  
(Fe)

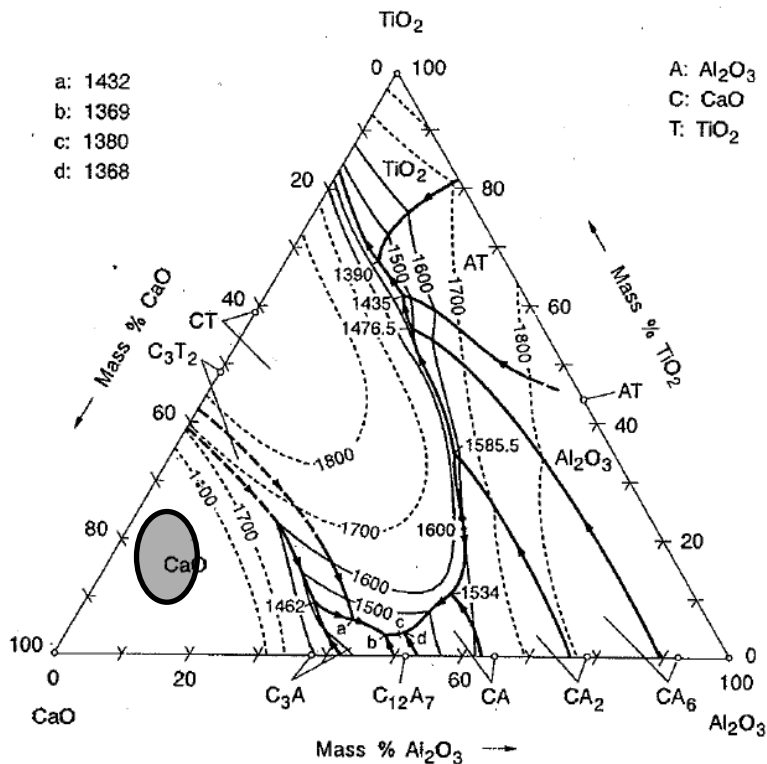
Crucible  
(Fe)



# Resultat – Typ V NMI Omvandling

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-TiO}_2$

10 seconds  
(Ni)

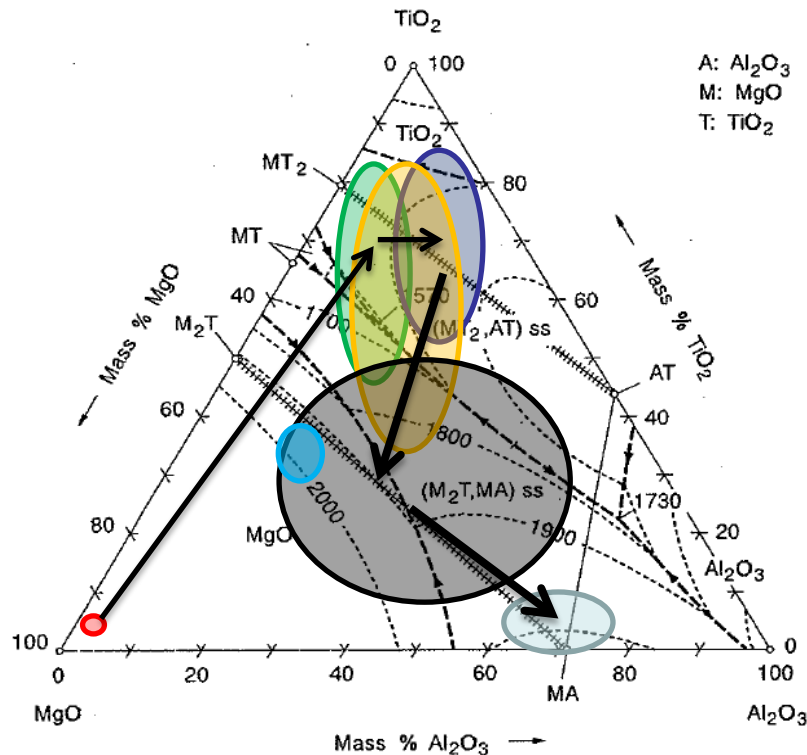


# Resultat – NMI i industrin

- Undersökte både direkt efter skänkungsbehandlingen och efter gjutning
- MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> fanns både vid skänkungsen och efter gjutning
- TiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fanns bara efter gjutning

# Resultat – NMI i industrin

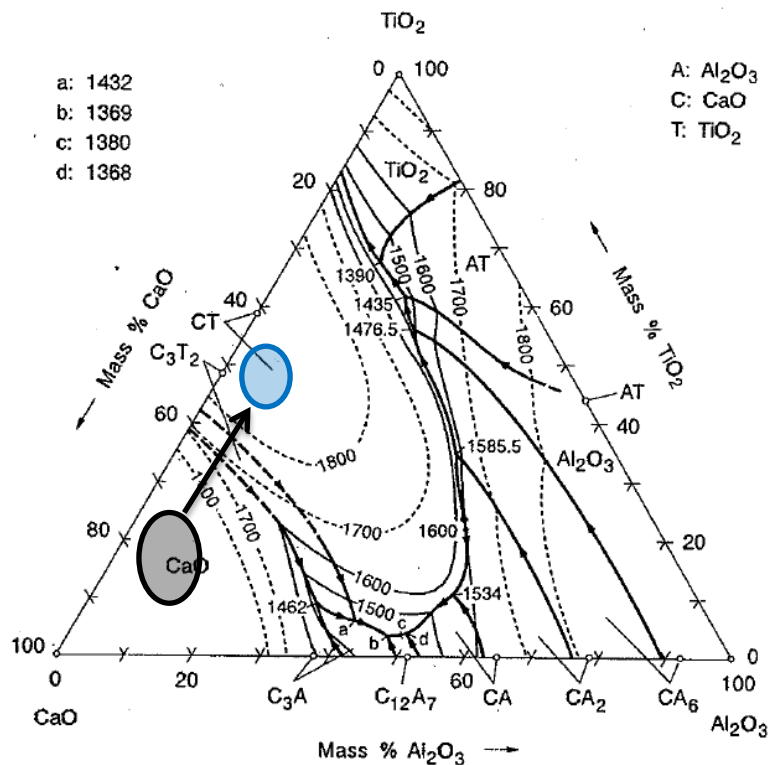
## $\text{Al}_2\text{O}_3$ -MgO-TiO<sub>2</sub>



- Om typ IV NMI skulle vara källa till MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inneslutningarna så är omvandlingsvägen inte trolig.
- Reaktion med tegelstenar eller slag troligare källa

# Resultat – NMI i industrin

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-TiO}_2$



- Typ V NMI är en trolig källa till  $\text{CaO-TiO}_2$

# Sammanfattning

- Flera olika typer NMI i FeTi70 varav de flesta är baserade på Ca
- Typ I och II omvandlas till sfäriska inneslutningar i smältan
- Troligare att reaktioner med tegelstenarna eller slaggen bidrar till  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-TiO}_2$

# Sammanfattning

- Typ V NMI är en tänkbar källa till vissa inneslutningar i industriella versionen av Fe-40Ni-20Cr

# Framtida arbete

- Fler experiment för att få mer data om vissa inneslutningar
- Utföra experiment med FeTi70 i pilotskala

# Tack för er uppmärksamhet