

# SVENSK STANDARD

## SS 11116:2016



Fastställt/Approved: 2016-12-15  
Publicerad/Published: 2016-12-15  
Utgåva/Edition: 3  
Språk/Language: svenska/Swedish  
ICS: 77.040.99

---

### **Jernkontorets skala II för kvantitativ bestämning av icke-metalliska inneslutningar i metaller och legeringar**

### **Jernkontoret's inclusion chart II for quantitative assessment of the content of non-metallic inclusions in metals and alloys**

This preview is downloaded from [www.sis.se](http://www.sis.se). Buy the entire standard via <https://www.sis.se/std-8024044>

Denna standard ersätter SS 111116, utgåva 2.

This standard replaces SS 111116, edition 2.

© Copyright/Upphovsrätten till denna produkt tillhör SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm, Sverige. Användningen regleras av slutanvändarlicensen för denna produkt.

© Copyright SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm, Sweden. All rights reserved. The use of this product is governed by the end-user licence for this product.

*Upplysningar om sakinnehållet i standarden lämnas av SIS, Swedish Standards Institute, telefon 08-555 520 00. Standarder kan beställas hos SIS Förlag AB som även lämnar allmänna upplysningar om svensk och utländsk standard.*

*Information about the content of the standard is available from the Swedish Standards Institute (SIS), telephone +46 8 555 520 00. Standards may be ordered from SIS Förlag AB, who can also provide general information about Swedish and foreign standards.*

Standarden är framtagen av kommittén för Bestämning av mikrostruktur i stål, SIS/TK 121.

Har du synpunkter på innehållet i den här standarden, vill du delta i ett kommande revideringsarbete eller vara med och ta fram andra standarder inom området? Gå in på [www.sis.se](http://www.sis.se) - där hittar du mer information.

# Innehåll

Sida

Orientering .....	iv
1 Omfattning .....	1
2 Termer, definitioner och beteckningar .....	1
2.1 Allmänna termer .....	1
2.2 Kvantifierbara termer .....	2
2.3 Beteckningar .....	3
3 Överenskommelser före bestämning .....	4
4 Provtagning .....	4
5 Utrustning för bestämning av icke-metalliska inneslutningar .....	4
6 Bedömningsprincip .....	4
7 Bestämning av icke-metalliska inneslutningar i ett synfält .....	8
7.1 Allmänt .....	8
7.2 Regler för bedömning av ett synfält .....	9
7.3 Metoder för utvärdering .....	10
7.3.1 Allmänt .....	10
7.3.2 Metod 1 – Frekvens av grader avseende grupp och typ .....	10
7.3.2 Metod 2 – Maximala grader avseende grupp och typ .....	10
7.3.3 Metod 3 – Särskild överenskommelse mellan parter .....	11
8 Beräkningar .....	11
8.1 Allmänt .....	11
8.2 Beräkning av grad för grupp .....	11
8.3 Beräkning av grad för typ .....	11
8.4 Beräkning av kvantitativa parametrar .....	11
8.5 Beräkning av formfaktor .....	11
8.6 Beräkning av stråklängd .....	12
9 Redovisning av resultat .....	12
9.1 Redovisning av Metod 1 – Frekvens av grader för grupp och typ .....	12
9.2 Redovisning av Metod 2 – Maximala grader för grupp och typ .....	12
9.3 Redovisning av Metod 3 – Särskild överenskommelse mellan parter .....	12
10 Resultatredovisning enligt andra standarder .....	13
Bilaga A (normativ) Algoritmer för beräkning av grader .....	14
A.1 Beräkning av grad för grupp .....	14
A.2 Beräkning av grader för typ .....	16
Bilaga B (normativ) Formler för beräkning av kvantitativa storheter .....	17
Bilaga C (informativ) Exempel på bestämningar .....	19
C.1 Exempel på duktila inneslutningar med olika bredd .....	19
C.2 Exempel på inneslutningar med större längd än vad bildskalan visar .....	20
Bilaga D (informativ) Statistiska beaktanden .....	21
Litteraturlista .....	23

## Orientering

Jernkontorets skala II och denna standard har varit grundpelare för stålutvecklingen och utvecklingen av rena stål i Sverige. På grund av de data och erfarenhet som samlats in med metoden under åren fyller den fortfarande en mycket viktig roll i stål- och processutveckling.

Jämfört med föregående utgåva har inga tekniska ändringar av metoden gjorts. Däremot är gränserna mellan olika typer, gupper och grader mer noggrant definierade. Beräkningen av de kvantitativa parameterarna formfaktor och stråklängd behandlades inte i den tidigare utgåvan. Dessutom har redaktionella justeringar gjorts.

Tillämpning av standarden möjliggör

- kvantifiering av alla inneslutningar i synfältet vilket ger högre reproducerbarhet än standarder baserade på traditionella jämförelseskalor
- bestämning av storleksfördelningar avseende bredd för alla typer av inneslutningar
- bestämning av formfaktor (deformationsgrad) för duktila inneslutningar
- användning av olika förstoringar för att bedöma förekomst av inneslutningar oberoende av storlek
- att resultatet av bestämningen kan transformeras och redovisas enligt metoder i andra standarder.

I Bilaga A och B redovisas samtliga algoritmer och formler för beräkning. Exempel på bestämning med denna metod ges i Bilaga C. Några statistiska beaktanden presenteras i Bilaga D.

För transformering av resultat till andra standarder, se SIS-TR 34

Det finns programvara, till exempel PCMIC som förenklar protokollföring, beräkningar och presentationen av resultat.

## 1 Omfattning

Denna standard beskriver en metod för bestämning och redovisning av mängd, storlek, form och fördelning av icke-metalliska inneslutningar i plastiskt bearbetade stål, metaller och legeringar med hjälp av ljusoptiskt mikroskop (LOM) och en jämförelseskala. Bilderna i skalan bygger på den logaritmiska Gauss-(Galton) fördelningen med avseende på inneslutningsstorleken.

Metoden som beskrivs i denna standard är i första hand avsedd för inneslutningar i plastiskt bearbetade metalliska material men är även användbar för gjutna och sintrade stål.

ANM. Inneslutningarnas kemiska sammansättning ligger inte till grund för kategorisering.

## 2 Termer, definitioner och beteckningar

Vid tillämpning av detta dokument gäller de definitioner som följer nedan.

### 2.1 Allmänna termer

#### 2.1.1

##### **grad**

G

kvantifierat steg av nominell densitet som angivits i en bildskala

#### 2.1.2

##### **grupp**

kategori baserad på inneslutningens bredd

#### 2.1.3

##### **storleksklass**

steg i den geometriska serien av bredder

ANM. 1 till termpost Steget kan vara godtycklig, men vanligt är faktorn 2.

#### 2.1.4

##### **inneslutning**

samlingsbenämning på en typ av mikrostrukturell enhet

#### 2.1.5

##### **prov**

makroskopisk enhet avsedd att analyseras

#### 2.1.6

##### **provyta**

beredd yta avsedd för avsökning

#### 2.1.7

##### **stråk**

sekvens av minst tre inneslutningar arrangerade med ett inbördes avstånd som är mindre än 40  $\mu\text{m}$  i bearbetningsriktningen och mindre än 10  $\mu\text{m}$  inbördes förskjutning tvärs bearbetningsriktningen

ANM.1 till termpost Se figur 1 för längd, bredd och avstånd mellan inneslutningar i ett stråk..

#### 2.1.8

##### **typ**

kategori baserad på inneslutningens morfologi

## SS 111116:2016 (Sv)

### 2.2 Kvantifierbara termer

#### 2.2.1

##### bredd

maximal projicerad utbredning av en inneslutning eller ett stråk tvärs bearbetningsriktningen

#### 2.2.2

##### formfaktor

anisotropimått som anger förhållandet mellan längd och bredd hos en inneslutning

#### 2.2.2

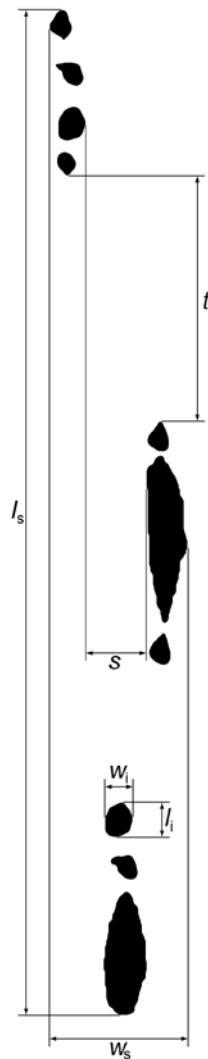
##### längd

maximal projicerad utbredning av en inneslutning eller ett stråk i bearbetningsriktningen

#### 2.2.4

##### synfält

område som omges av inetsad ram i okular eller som avgränsas av apertur och som ligger till grund för manuell eller automatisk bedömning



#### Förklaring

För att bedömas som ett stråk ska avstånden  $t$  och  $s$  understiga  $40\ \mu\text{m}$  respektive  $10\ \mu\text{m}$ .

Figur 1 – Längd ( $l$ ), bredd ( $w$ ) och avstånd ( $s$ ,  $t$ ) hos och mellan inneslutningar i ett stråk

## 2.3 Beteckningar

Tabell 1 – Beteckningar och deras innebörd

Beteckning		Beskrivning	Enhet
Typ	A	Duktila inneslutningar	
	B	Spröda inneslutningar	
	C	Spröd-duktila inneslutningar	
	D	Odeformerade inneslutningar	
Grupp	X	Beteckning för extra tunna inneslutningar med en bredd som understiger den som representeras av bildskalan	
	T	Beteckning för tunna inneslutningar	
	M	Beteckning för medelbreda inneslutningar	
	H	Beteckning för breda inneslutningar	
	S	Beteckning för nära sfäriska inneslutningar av typ A	
	P	Beteckning för extra breda inneslutningar med en bredd som överstiger den som representeras av bildskalan	
Grad	G	Grad	
	$G_{max}$	Beräknad maximal grad för en specifik typ	
	$\bar{G}$	Beräknad medelgrad	
	$G_A$	Grad med avseende på area	
	$G_L$	Grad med avseende på längd	
	$G_N$	Grad med avseende på antal inneslutningar	
		<i>Anmärkning: Typ och grupp ges som exponent, t.ex. <math>G_A^{AT}</math>.</i>	
Kvantifierbara storheter	$d$	Synfältsdiameter	mm
	$a$	Kantlängd vid kvadratisk synfält Kantlängd i bearbetningsriktningen vid rektangulärt synfält	mm
	$b$	kantlängd tvärs bearbetningsriktningen vid rektangulärt synfält	mm
	$SD$	Synfältets diameter, kantlängd (kvadratisk synfält) eller kantlängd i bearbetningsriktningen (rektangulärt synfält)	Skaldelar
	$l_i$	Inneslutningslängd	$\mu\text{m}$
	$l_s$	Stråklängd	$\mu\text{m}$
	$l_{min}$	Minsta inneslutningslängd	$\mu\text{m}$
	$w_i$	Inneslutningsbredd	$\mu\text{m}$
	$w_s$	Stråkbredd	$\mu\text{m}$
	$L_i$	Inneslutningslängd	Skaldelar
	$L_s$	Stråklängd	Skaldelar
	$W_i$	Inneslutningsbredd	Skaldelar
	$W_s$	Stråkbredd	Skaldelar
	$\bar{W}_s$	Medelbredd för ett stråk	Skaldelar
	$n$	Antal inneslutningar	
	$k$	Antal stråk	
	$t$	Avstånd längs bearbetningsriktningen mellan inneslutningar i ett stråk	$\mu\text{m}$
$s$	Avstånd tvärs bearbetningsriktningen mellan inneslutningar i ett stråk	$\mu\text{m}$	
Övriga	$F$	Faktor vid repetition av en jämförelsebild	
	$c$	Formfaktor	

### 3 Överenskommelser före bestämning

Följande punkter bör fastställas i produktstandard, i leveransbestämmelse eller överenskommas mellan berörda parter:

- Bestämningsalternativ
- Storleken av de inneslutningar som ska ingå i bestämningen
- Synfältsdiameter eller synfältets sidolängd (vid användning av frekvensmetoden, se 7.3.2)
- Bestämningens omfattning
- Provytans läge i produkten
- Redovisning av resultat
- Acceptanskrav.

### 4 Provtagning

Krav på provtagning och provningsomfattning anges normalt i produktstandard eller i andra överenskommelser. I avsaknad av krav bör minst 1 200 mm<sup>2</sup> fördelas på minst 6 representativa prov. Sammanlagd enskild provyta bör medge avsökning av minst 160 mm<sup>2</sup>.

Vid plastiskt bearbetade stål ska provstyckena tas ut så att bedömningen kan göras i bearbetningsriktningen. För bedömning av inneslutningarnas utbredning tvärs bearbetningsriktningen bör emellertid tvärprov tas ut. Bildskalan och de standardiserade bestämningsmetoderna ska då användas med gott omdöme då de är framtagna för bestämning i bearbetningsriktningen.

ANM. Det är i alla avseenden det statistiska underlaget som är avgörande för analysens relevans, se Bilaga D.

### 5 Utrustning för bestämning av icke-metalliska inneslutningar

Utrustning enligt 5.1, 5.2 och 5.3 ska användas vid bedömningen:

**5.1 Mikroskop** som medger bedömning vid olika förstoringar

**5.2 Okular** med kalibrerad mätskala

**5.3 Bildskala**, JK-II.

**5.4 En för ändamålet utvecklad programvara** för registrering av synfältsobservationerna och beräkning av resultat kan användas.

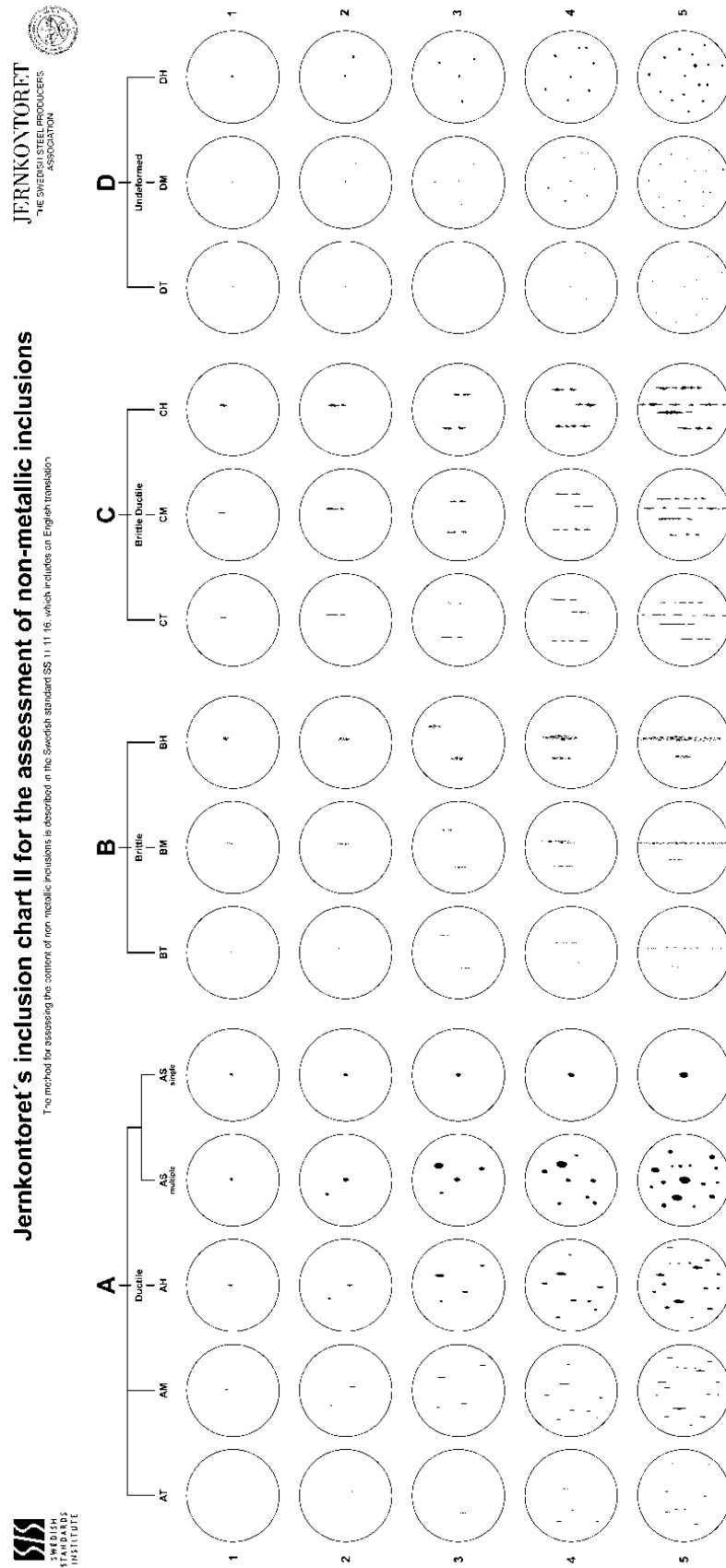
### 6 Bedömningsprincip

Studera inneslutningarnas antal, längd och bredd i mikroskop. Bedöm inneslutningarnas typ genom jämförelse med typbilder i en bildskala med kvantifierade steg, grader se figur 2. Jämförelsebilderna kan kombineras för att erhålla aktuellt synfält, se avsnitt 7.

Bilden i figur 2 visar en förminskad avbildning av bildskalan JK-II.

ANM. Figur 2 lämpar sig inte som bedömningsgrund. Fullstor bildskala kan beställas från SIS.





Figur 2 — Bildskala till Jernkontorets skala II (JK-II)

**SS 111116:2016 (Sv)**

Skalan i figur 2 består av serier av typbilder och är indelad i fyra huvudtyper av inneslutningsmorfologier, betecknade A för duktila, B för spröda, C för spröd-duktila och D för odeformerade inneslutningar. Indelningen är gjord med avseende på inneslutningarnas form efter plastisk deformation. Huvudtyperna anger således inte inneslutningarnas kemiska sammansättning.

EXEMPEL Exempelvis kan typ A (duktila) vara såväl ett silikat som en sulfid.

ANM. Definitioner på samtliga beteckningar ges i tabell 1.

Inom varje huvudtyp finns tre undergrupper baserat på inneslutningarnas bredd; tunn (T), medel (M) respektive grov (H). För typ A finns dessutom en fjärde grupp, AS, som beskriver nästan sfäriska inneslutningar.

Utöver bildskalans bildserier kan även extra tunna eller extra breda inneslutningar beskrivas genom särskilda beteckningar. Extra tunna inneslutningar betecknas genom tillägg av X, dvs. AX, BX, CX respektive DX. Extra breda inneslutningar betecknas med tillägg av P, dvs. AP, BP, CP respektive DP. Se tabell 7, regel 7 för särskilda regler för bestämning av dessa inneslutningar. Tabell 2 visar minsta inneslutningsbredd för alla typer och undergrupper vid synfältsstorleken 0,5 mm<sup>2</sup>.

**Tabell 2 — Minsta inneslutningsbredd att klassificeras som typ T, M, H, S eller P (bredd i µm)**

Typ	X µm	T µm	M µm	H µm	S µm	P µm
A	1,4	2,8	5,7	11,3	22,6	22,6
B	1,4	2,8	5,7	11,3		22,6
C	1,4	2,8	5,7	11,3		22,6
D	1,4	2,8	5,7	11,3		22,6

Inom varje grupp är jämförelsebilderna rangordnade i fem kvantifierade steg 1-5 efter mängden inneslutningar. Dessa steg anges som grad, G, 1-5. Tabell 3 visar minsta längd för varje grad och typ vid synfältsstorleken 0,5 mm<sup>2</sup> undantaget då faktor F används för delar av inneslutning/stråk.

EXEMPEL AT5 betecknar tunna inneslutningar av typ A och grad 5.

**Tabell 3 — Minsta totala inneslutningslängd för varje grad för att klassificeras (inneslutningslängd i µm)**

Grad	Typ A µm	Typ B µm	Typ C µm	Typ D antal
1	33,9	34,5	44,2	1
2	67,9	72,5	92,7	2
3	135,8	152,2	194,8	4
4	271,5	319,5	409	8
5	543,1	671	858,9	16

Grader större än 5 erhålls genom att tillämpa funktionen faktor, F, se tabell 7, regel 6.

Synfältet kan vara cirkulärt, kvadratisk eller rektangulärt. Synfältsdiametern eller synfältets kantlängd i bearbetningsriktningen ska anges i protokollet.

Synfältstorleken ska hållas oförändrad under en och samma analys för att en rangordning mot bildskalan (betyg) ska vara möjlig.

Om inneslutningarnas areafraktion, total inneslutningslängd per areaenhet i mm/mm<sup>2</sup> och/eller antal inneslutningar per mm<sup>2</sup> anges som medelvärden blir dessa jämförbara för inneslutningar inom gemensamt storleksintervall även om bestämningarna gjorts vid olika förstoringar (synfältstorlekar). Bestämningarna ska då utföras i två eller flera separata kompletta analyser, se Bilaga D, för att felet ska vara tillräckligt litet och värdena jämförbara.

Vald synfältstorlek (vid cirkulärt synfält diametern  $d$ , vid kvadratisk eller rektangulärt synfält kantlängden  $a$ ) bestämmer det storleksintervall inom vilket inneslutningarna kan bedömas. Mikroskopförstoring kan väljas fritt men det bedömda synfältets diameter,  $d$ , eller kantlängd,  $a$ , ska överensstämma med något av värdena i tabell 4 och tabell 5.

Tabell 4 visar, för varje inneslutningstyp, den minsta bedömbara inneslutningslängden. Tabell 3 visar tillämpligt inneslutningsbreddintervall, vid olika synfältstorlekar.

**Tabell 4 – Minsta bedömbara inneslutningslängd,  $\mu\text{m}$ , vid olika synfältstorlekar (förstoringsgrader) med undantag av då faktorn F används**

Synfältstorlek			A	B (stråk)	C	D
Area mm <sup>2</sup>	$d$ mm	$a$ mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0,031	0,2	0,18	8,5	8,6	11,0	0,7
0,125	0,4	0,35	17,0	17,3	22,1	1,4
0,5	0,8	0,71	33,9	34,5	44,2	2,8
2	1,6	1,41	67,9	69,0	88,3	5,7
8	3,2	2,83	135,8	138,0	176,7	11,3

Den längsta inneslutningen som kan bedömas är lika med diametern  $d$ , alternativt kantlängden  $a$ , för typ A, typ C och stråk av typ B. För typ D är den största bedömbara inneslutningen  $0,028 \times d$  eller  $0,031 \times a$ .

**Tabell 5 – Inneslutningsbreddintervall som kan omfattas av analys, vid olika synfältstorlekar**

Synfältstorlek			A		B (stråk)		C		D	
Area mm <sup>2</sup>	$d$ mm	$a$ mm	Min $\mu\text{m}$	Max $\mu\text{m}$	Min $\mu\text{m}$	Max $\mu\text{m}$	Min $\mu\text{m}$	Max $\mu\text{m}$	Min $\mu\text{m}$	Max $\mu\text{m}$
0,031	0,2	0,18	0,7	5,7	0,7	5,7	0,7	5,7	0,7	5,7
0,125	0,4	0,35	1,4	11,3	1,4	11,3	1,4	11,3	1,4	11,3
0,5	0,8	0,71	2,8	22,6	2,8	22,6	2,8	22,6	2,8	22,6
2	1,6	1,41	5,7	45,3	5,7	45,3	5,7	45,3	5,7	45,3
8	3,2	2,83	11,3	90,5	11,3	90,5	11,3	90,5	11,3	90,5

Om den valda synfältstorleken inte täcker in alla inneslutningsstorlekar som ska bedömas ska kompletterande bedömningar göras med större synfält (lägre förstoring).

Enstaka inneslutningar som är bredare än inneslutningarna i standardskalans bilder kan bedömas upp till en bredd av  $0,056 \times d$ , eller  $0,062 \times a$  och anges då som extra breda inneslutningar, P, enligt tabell 7, regel 7. Inneslutningar större än dessa värden ska analyseras vid lägre förstoring i en ny analys.