



© UDDEHOLMS AB

Ingen del av denna publikation får reproduceras eller överföras i kommersiellt syfte utan tillstånd från upphovsrättsinnehavaren.

---

Uppgifterna i denna trycksak bygger på vårt nuvarande kunnande och är avsedda att ge allmän information om våra produkter och deras användningsområden. De får således inte anses utgöra någon garanti för att de beskrivna produkterna har vissa egenskaper eller är lämpliga för speciella ändamål.

Klassificerat enligt EU-direktiv 1999/45/EC.

För ytterligare information se våra "Materialsäkerhetsdatablad".

Utgåva 5, reviderad 02.2015, ej tryckt

Senast uppdaterade utgåva av denna broschyr är den engelska version som alltid finns publicerad på vår webbplats, [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com)



SS-EN ISO 9001  
SS-EN ISO 14001

---

## UDDEHOLM CALDIE

### EN NY VERKTYGSDIMENSION

Nya och mer krävande arbetsmaterial implementeras kontinuerligt i industrin. Som en konsekvens av lanseringen av avancerat höghållfast stål måste form- och klippverktygen tåla allt större påfrestningar och motstå mer adhesiv och abrasiv nötning. Många gånger måste verktyget beläggas för att uppfylla produktionskraven, dvs. verktygsmaterialet måste även vara ett bra substratmaterial för olika typer av ytbeläggningar.

### PROBLEMLÖSAREN

Uddeholm Caldie – det första ESR-stålet – har utvecklats med huvudfokus på komplicerade kallarbetsapplikationer. Den utmärkta kombinationen av tryckhållfasthet, nötningsbeständighet och beständighet mot urflisning/sprickbildning har uppnåtts genom en välbalanserad kemisk sammansättning av matrixtyp och en ren och homogen mikrostruktur. Lämpliga värmebehandlingsegenskaper och hög utmattningshållfasthet gör även Uddeholm Caldie till ett perfekt substratmaterial för ytbeläggning.

### ETT MÅNGSIDIGT VERKTYGSSTÅL

Den unika egenskapsprofilen hos Uddeholm Caldie inkluderar mycket god svetsbarhet och gjutbarhet samt utmärkta härdningsegenskaper och mycket god bearbetbarhet och slipbarhet. Detta innebär att Uddeholm Caldie möjliggör ekonomisk verktygstillverkning och verktygsanvändning samt lönsamt underhåll, speciellt vad gäller större form- och klippverktyg.

## Allmänt

Uddeholm Caldie är ett krom-molybden-vanadin-legerat verktygsstål karakteriserat av:

- högt motstånd mot urflisning och sprickbildning
- god slitstyrka
- hög hårdhet (>60 HRC) efter högtemperaturanlöpning
- god dimensionsstabilitet vid värmebehandling och drift
- utmärkta genomhärddningsegenskaper
- god maskinbearbetbarhet och slipbarhet
- utmärkt polerbarhet
- goda ytbehandlingsegenskaper
- god anlöpningsbeständighet
- mycket goda trådgnistningsegenskaper

Riktanalys %	C 0,7	Si 0,2	Mn 0,5	Cr 5,0	Mo 2,3	V 0,5
Leveranstillstånd	Mjukglödgat till max 215 HB					
Färgmärkning	Vit/grå					

## Användningsområden

Uddeholm Caldie är lämpligt för korta till medellånga serier där urflisning och/eller sprickbildning är dominerande skademekanismer och där en hög tryckhållfasthet (>60 HRC) är nödvändig. Detta gör Uddeholm Caldie till en utmärkt problemlösare för svåra kallarbetaapplikationer, där kombinationen av hårdhet över 60 HRC och högt motstånd mot sprickbildning är av yttersta vikt som exempelvis vid klippning och formning av extremt höghållfasta stål.

Uddeholm Caldie är också mycket lämpligt som substrat för applikationer där ytbeläggning är önskvärd eller nödvändig.

### KALLARBETSAPPLIKATIONER

- Klippningsapplikationer där hög duktilitet och hårdhet är nödvändiga för att undvika urflisning/sprickbildning
- Kallsmide och formningsoperationer där en hög tryckhållfasthet kombinerad med högt motstånd mot urflisning/sprickbildning är nödvändig
- Maskinknivar
- Gänggrullbackar
- Substrat vid ytbehandling

### UDDEHOLM COMPONENT BUSINESS APPLIKATIONER

Uddeholm Caldie är lämpligt för maskinapplikationer där hög tryckhållfasthet behövs tillsammans med hög duktilitet/segnet. Knivar för fragmentering av plast och metall samt formningsvalsar är exempel på detta.

## Egenskaper

Den fysikaliska data som visas nedan är en sammanställning av prover som tagits från mitten av stänger med dimensionen 203 x 80 mm och Ø 102 mm. Om inget annat har angivits, har alla prover härdats vid 1025 °C, gassläckts i en vakuumugn och anlöpts två gånger vid 525 °C i två timmar till 60–61 HRC.

### Fysikaliska data

Härdad och anlöpt till 60–61 HRC.

Temperatur	20 °C	200 °C	400 °C
Densitet, kg/m <sup>3</sup>	7 820	–	–
Elasticitetsmodul, MPa	213 000	192 000	180 000
Längdvidgningskoefficient per °C från 20 °C	–	11,6 × 10 <sup>-6</sup>	12,4 × 10 <sup>-6</sup>
Värmeledningsförmåga W/m °C	–	24	28
Specifik värme J/kg °C	460	–	–

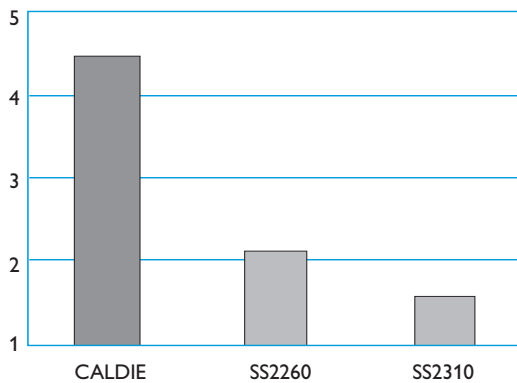
### Tryckhållfasthet

Ungefärliga värden för trycksträckgräns och hårdhet visas i tabellen nedan.

Hårdhet, HRC	Tryckhållfasthet, R <sub>c0,2</sub> (MPa)
58	2230
60	2350
61	2430

## Motstånd mot urflisning

Relativt motstånd hos Uddeholm Caldie, SS2260 och SS2310 visas i nedanstående figur.



## Avspänningsglödning

Efter grovbearbetning skall restspänningarna reduceras genom en anlöpning vid 650°C, hålltid 2 timmar. Kyl långsamt i ugn till 500°C och därefter fritt i luft till rumstemperatur.

## Härdning

**Förvärmningstemperatur:** 600–650°C och 850–900°C. För grova dimensioner (tjocklek >150 mm) rekommenderas ett tredje förvärmningssteg vid 930°C.

**Austeniseringstemperatur:** 1000–1050°C, normalt 1020°C, för grova dimensioner (tjocklek >150 mm) 1000°C.

**Hålltid:** 30 minuter, efter att verktyget är helt genomvärt.

*Skydda verktyget mot avkolning och oxidation under härdningen.*

## Värmebehandling

### Mjukglödning

Skydda stålet och värm till 820°C, vänta till temperaturen utjämnats (tiden för temperaturutjämnning beror på verktygets storlek). Låt sedan stålet svalna i ugn med 10°C per timme till 650°C och därefter fritt i luft till rumstemperatur.

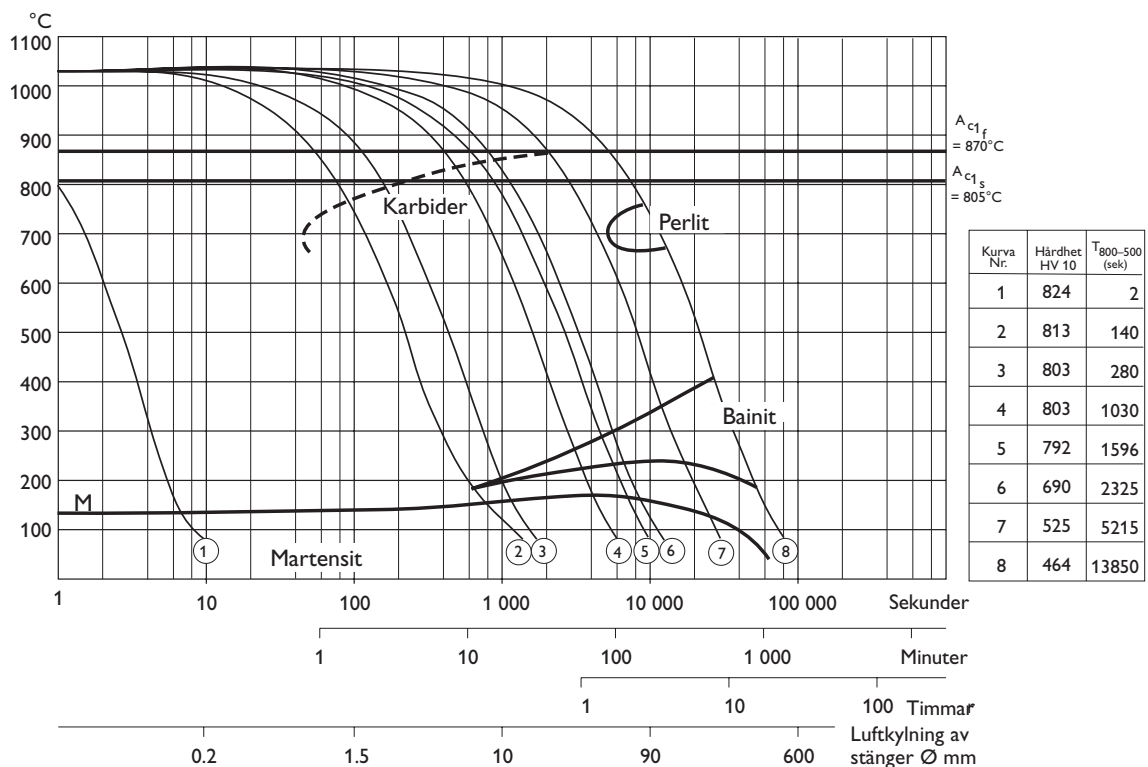
### Släckningsmedel

- Gas/cirkulerande luft
- Vakuummugn med tillräckligt gasövertryck
- Etappbad vid 500–550°C
- Etappbad vid ungefär 200–350°C

*Anm.* Anlöp verktyget så snart temperaturen når 50–70°C.

### CCT-DIAGRAM

Austeniseringstemperatur 1025°C. Hålltid 30 minuter.



## Anlöpning

Välj anlöpningstemperatur för önskad hårdhet med ledning av nedanstående diagram. Anlöp minst två gånger med mellanliggande kylning till rumstemperatur. För bästa dimensionsstabilitet rekommenderas mintemperatur 540°C och tre anlöpningar.

Den lägst rekommenderade anlöpnings-temperaturen som bör användas är 525°C. Vid två anlöpningar är minsta hålltid 2 timmar, vid tre anlöpningar minst en timme.

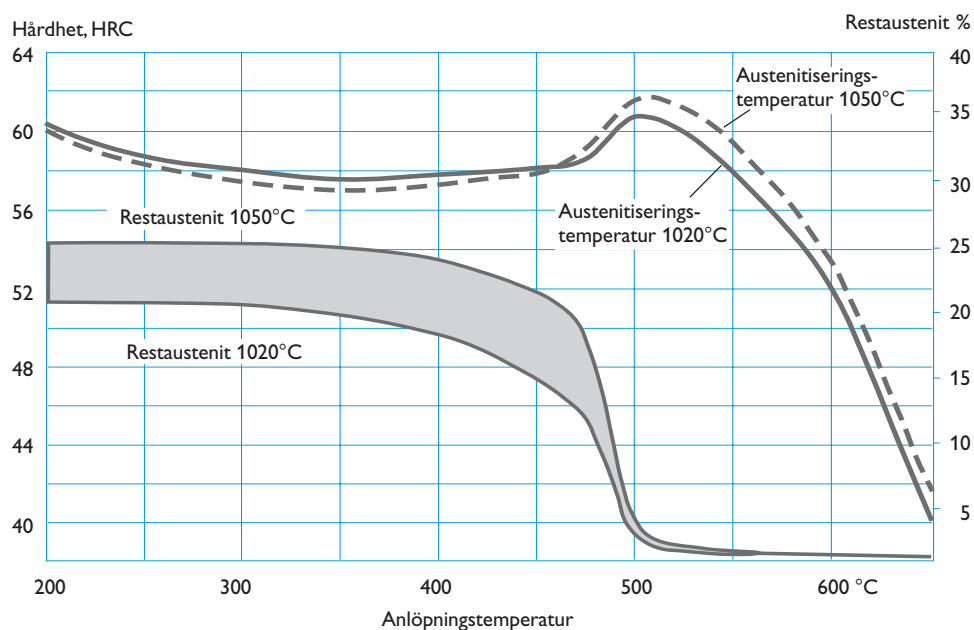
## ANLÖPNINGSTABELL

Härd-temperatur	Anlöpningstemperatur		
	540°C	550°C	560°C
1000°C*	57–59 HRC	56–58 HRC	54–56 HRC
1020°C	58–60 HRC	57–59 HRC	55–57 HRC
1050°C	59–61 HRC	58–60 HRC	56–58 HRC

För god dimensionsstabilitet rekommenderas mintemperatur 540°C och hålltid 3 x 1 timme.

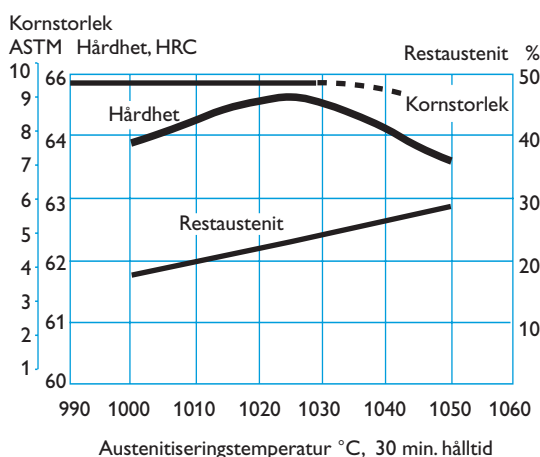
\*Härdtemperatur 1000°C bör användas för dimensioner med tjocklek >150 mm.

## ANLÖPNINGSDIAGRAM



Anlöpningskurvorna är framtagna efter värmebehandling av prover i dimension 15 x 15 x 40 mm, kylning i cirkulerande luft ( $T_{800-500} = 300$  sek.). Beroende på verktygsstorlek och värmebehandlingsparametrar kan hårdheten bli lägre.

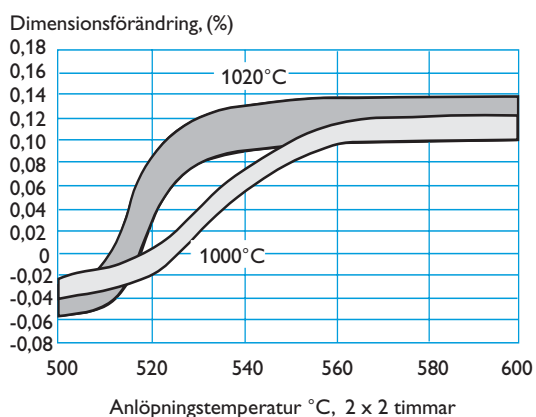
## HÅRDHET, KORNSTORLEK OCH RESTAUSTENIT SOM FUNKTION AV AUSTENITISERINGSTEMPERATUREN



## Dimensionsförändringar

Dimensionsförändringar har uppmätts efter härdning vid 1000°C/30 min. och 1020°C/30 min. följt av gasavkylning med N<sub>2</sub> vid svalning 1,1°C/s mellan 800–500°C i en kall vakuumugn.

Provstorlek: 100 x 100 x 100 mm. Värden i alla riktningar finns inom de markerade områdena.



## Ytbehandling

Verktogsstål kan ytbehandlas för att ge en yta med minskad friktion och öka slitstyrkan. De vanligaste ytbehandlingarna är nitrering och ytbeläggning med slitstarka skikt via PVD eller CVD.

Den höga hårdheten och segheten tillsammans med dimensionsstabiliteten gör Uddeholm Caldie till ett lämpligt substrat för olika ytbeläggningar.

## Nitrering och nitrokarburering

Nitrering och nitrokarburering resulterar i ett hårt ytskikt, som är mycket motståndskraftigt mot slitage och påkletningar.

Ythårdheten efter nitrering är ungefär 1000–1200 HV<sub>0,2kg</sub>. Skiktjockleken bör väljas med hänsyn till aktuellt användningsområde.

## PVD

PVD (Physical Vapour Deposition) är en metod för applicering av ett slitstarkt ytskikt vid temperaturer mellan 200–500°C.

## CVD

CVD (Chemical Vapour Deposition) används för applicering av ett slitstarkt ytskikt vid en temperatur omkring 1000°C.

## Skärdata-rekommendationer

Nedanstående skärdata är att betrakta som riktvärden, vilka måste anpassas till rådande lokala förutsättningar. Mer information kan hämtas i Uddeholms broschyr "Skärdata-rekommendationer".

Rekommendationerna i följande tabeller gäller för Uddeholm Caldie i mjukglödgat tillstånd max 215 HB.

## Svarvning

Skärdata-parameter	Svarvning med hårdmetall		Svarvning med snabbstål Finsvarvning
	Grovsvarvning	Finsvarvning	
Skärhastighet (v <sub>c</sub> ) m/min.	140–190	190–240	15–20
Matning (f) mm/varv	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Skärdjup (a <sub>p</sub> ) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Hårdmetallbeteckning ISO	P20–P30 Belagd hårdmetall	P10 Belagd hårdmetall eller cermet	–

## Fräsning

### PLAN- OCH HÖRNFRÄSNING

Skärdataparameter	Fräsning med hårdmetall	
	Grovfräsning	Finfräsning
Skärhastighet ( $v_c$ ) m/min.	130–160	160–200
Matning ( $f_z$ ) mm/tand	0,2–0,4	0,1–0,2
Skärdjup ( $a_p$ ) mm	2–4	0,5–2
Hårdmetallbeteckning ISO	P20–P40 Belagd hårdmetall	P10–20 Belagd hårdmetall eller cermet

### PINNFRÄSNING

Skärdataparameter	Typ av fräs		
	Solid hårdmetall	Hårdmetallvandskär	Snabbstål
Skärhastighet ( $v_c$ ) m/min.	110–140	100–140	18–23 <sup>1)</sup>
Matning ( $f_z$ ) mm/tand	0,01–0,20 <sup>2)</sup>	0,06–0,20 <sup>2)</sup>	0,01–0,30 <sup>2)</sup>
Hårdmetallbeteckning ISO	–	P20–P30	–

<sup>1)</sup> För belagd snabbstålsfräs  $v_c = 32–38$  m/min.

<sup>2)</sup> Beroende på radiellt skärdjup och fräsdiameter

## Borrning

### SNABBSTÅLSBORR

Borrdiameter mm	Skärhastighet ( $v_c$ ) m/min.	Matning (f) mm/varv
– 5	15–20*	0,05–0,10
5–10	15–20*	0,10–0,20
10–15	15–20*	0,20–0,30
15–20	15–20*	0,30–0,35

\* För belagd snabbstålsborr  $v_c = 35–40$  m/min.

### HÅRDMETALLBORR

Skärdataparameter	Typ av borrar		
	Solid hårdmetallborr	Korhålsborr	Lödd hårdmetallborr <sup>1)</sup>
Skärhastighet ( $v_c$ ) m/min.	160–200	110–140	60–90
Matning (f) mm/varv	0,05–0,15 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>3)</sup>	0,15–0,25 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Borr med utbytbara eller lödda hårdmetallskär

<sup>2)</sup> Matningshastighet för borrdiameter 20–40 mm

<sup>3)</sup> Matningshastighet för borrdiameter 5–20 mm

<sup>4)</sup> Matningshastighet för borrdiameter 10–20 mm

## Slipning

Nedan ges en mycket allmän slipskiverekommendation. För mer detaljerade rekommendationer hänvisas till broschyren ”Slipning av verktygsstål”.

### SLIPSKIVEREKOMMENDATIONER

Typ av slipooperation	Mjukglödgat tillstånd	Härdat tillstånd
Planslipning rak skiva	A 46 HV	A 46 HV
Planslipning segment	A 24 GV	A 36 GV
Rundslipning	A 60 KV	A 60 KV
Innerslipning	A 46 JV	A 60 IV
Profilslipning	A 100 KV	A 120 JV

## Svetsning

Svetsning av verktygskomponenter kan genomföras med gott resultat om hänsyn tas till fogberedning, val av tillsatsmaterial, förvärmning av verktyget, kontrollerad svalning och den efterföljande värmebehandlingsprocessen. Rekommendationerna, i nedanstående tabell, summerar de viktigaste parametrarna för svetsning.

Mer detaljerad information finns i Uddeholm broschyr ”Svetsning av verktygsstål”.

Svetsmetod	TIG	MMA
Arbetstemperatur	200–250°C	200–250°C
Tillsatsmaterial	CALDIE TIG-WELD UTP A696 UTP ADUR600 UTP A 73G2	CALDIE WELD UTP 69 UTP 67S UTP 73G2
Max. interpass-temperatur	400°C	400°C
Svalningshastighet	20–40°C/timme de första två timmarna därefter fritt i luft	
Hårdhet efter svetsning	54–62 HRC	55–62 HRC
<i>Värmebehandling efter svetsning</i>		
I härdat tillstånd	Anlöp i 2 timmar vid 510°C	
I mjukglödgat tillstånd	Mjukglödning – se ”Värmebehandlingsrekommendationer”	

Mindre reparationer kan göras i rumstemperatur med TIG-metoden.



## Gnistbearbetning

Om gnistbearbetning utförs i härdat och anlöpt tillstånd bör gnistningen avslutas med fingnistning, det vill säga låg ström, hög frekvens.

För att erhålla ett verktyg med optimal prestanda skall den gnistade ytan slipas/poleras och verktyget anlöpas vid en temperatur ca. 25°C lägre än aktuell anlöpningstemperatur.

För mer detaljerad information hänvisas till Uddeholms broschyr ”Gnistbearbetning av verktygsstål”.

## Flamhärdning

Använd oxygen/acetylen utrustning med en kapacitet av 800–1250 l/h.

Gasttryck med oxygen: 2,5 bar, acetylen 1,5 bar. Justera så att en neutral flamma erhålles. Temperatur: 980–1020°C, låt svalna fritt i luft.

Hårdheten i ytan blir 58–62 HRC och 41 HRC (400 HB) vid ett djup under ytan av 3–3,5 mm.

## Jämförelse av Uddeholms kallarbetsstål

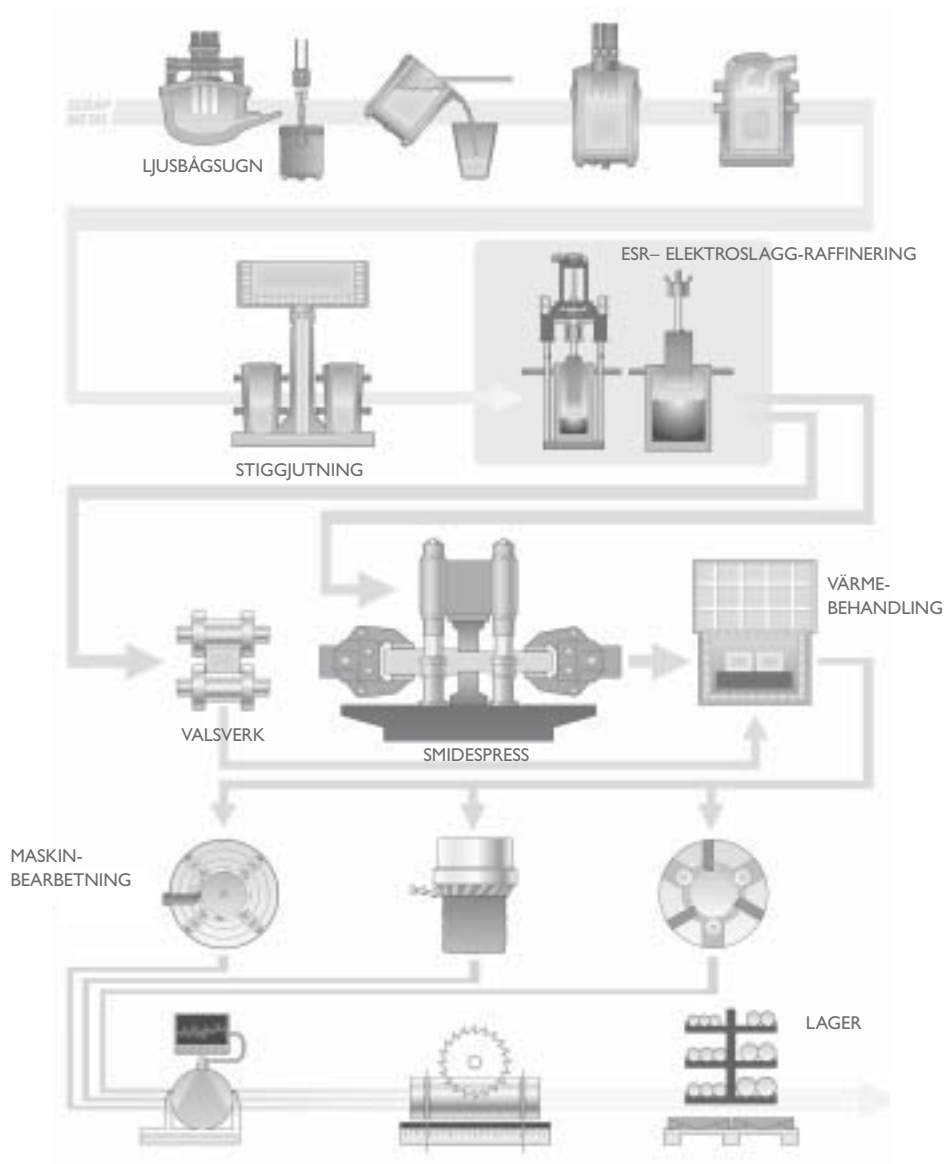
Materialegenskaper och motstånd mot skademekanismer

Uddeholms stål	Hårdhet/ Motstånd mot plastisk deformation	Skärbarhet	Slipbarhet	Dimensions- stabilitet	Motstånd mot		Motstånd mot utmattning	
					Abrasiv nötning	Adhesiv nötning	Duktilitet/ motstånd mot urflisning	Seghet/ motstånd mot totalhaveri
ARNE	■	■	■	■	■	■	■	■
CALMAX	■	■	■	■	■	■	■	■
CALDIE (ESR)	■	■	■	■	■	■	■	■
RIGOR	■	■	■	■	■	■	■	■
SLEIPNER	■	■	■	■	■	■	■	■
SVERKER 21	■	■	■	■	■	■	■	■
SVERKER 3	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 4 EXTRA*	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 6*	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 10*	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 23*	■	■	■	■	■	■	■	■
VANACRON 40*	■	■	■	■	■	■	■	■

\* Uddeholms PM SuperClean material

## Ytterligare information

Kontakta närmaste Uddeholmskontor för ytterligare information om val, värmebehandling, användning, leveransformer och leveransutföranden av Uddeholms verktygsstål.



## Tillverkningsprocess med ESR

I ljusbågsugnen smälts noga utvalt returstål, ferrolegeringar och slaggbildare med hjälp av ljusbågar. Smältan tappas i en skänk efter cirka 2,5 timme. Slaggdragaren avlägsnar syrerik slagg från ljusbågsugnen. I skänkgugnen utförs desoxidation, legering och värmning av stålbadet. Under vakuumavgasningen avlägsnas element såsom väte, kväve och svavel. Oxider avskiljs från stålbadet genom gasomrörning och induktiv omrörning. Vid stiggjutningen fylls därefter de förberedda kokillerna med ett kontrollerat flöde från skänken.

### ESR

Vid elektroslagraffinering byggs götet upp i en vattenkyld kokill. Detta sker genom smältning av en konsumerbar elektrod (göt från stålverket) som är nedsänkt i ett överhettat slaggbad. Reaktionen mellan staldropparna från elektrodspetsen och slaggbadet leder till en avsevärd sänkning av stålets svavelhalt och en minskning av storleken av de icke-metalliska inneslutningarna. Det riktade stelnandet i stålbadet resulterar i ett göt med en hög homogenitet, med fin stelningsstruktur och avsaknad av makrosegringar. Smältning under skyddsgasatmosfär förbättrar stålets renhet ytterligare.

### VÄRMBEARBETNING

Våra valsverk är skräddarsydda för tillverkning av verktygsstål. I Götvalsverket valsas göt från stålverket ut till ämnen eller grövre färdig stång. I Stångvalsverket valsas därefter stålämnen från

Götverket vidare till stångstål i olika dimensioner och profiler. Vår Smidespress är en av världens mest moderna. Med en presskraft på 40 MN (4000 ton) arbetar pressen med såväl friformsmide som stuksmide. Via en kraftfull götbearbetning smids runda, fyrkantiga eller platta stänger från göt som väger mellan 2 och 42 ton.

### VÄRMEBEHANDLING

Efter varmbearbetning i smidespress eller valsverk utförs värmebehandling i form av mjukglödning eller härdning och anlöpning. Mjukglödning resulterar i låg materialhårdhet, god maskinbearbetbarhet, en lämplig mikrostruktur för härdning och anlöpning av det färdiga verktyget. Härdat och anlöpt material är fördelaktigt för kunden då ingen ytterligare härdning och anlöpning av verktyget behöver göras. Kunden vinner därmed både tid och pengar.

### MASKINBEARBETNING

I vår maskinbearbetning sker ytbearbetning och sågning av materialet för att avlägsna ytdeformationer och glödska som bildats efter värmebehandling, för att såga bort ändmaterial och för att underlätta ytkontroll och ultraljudsprovning i vår kvalitetskontroll. Maskinbearbetning sker också därför att det spar material – och därmed pengar – åt kunden.

I vår Färdigställning kapas allt material i längder helt enligt kundens önskemål. Från vårt lager går cirka 1 miljon leveranser/år till mer än 100 000 kunder över hela världen.



## Network of excellence

UDDEHOLMs globala närvaro innebär att du alltid kan vara säker på att få samma höga kvalitet var du än befinner dig. Inom Pacificområdet i Asien representeras vi av ASSAB som är vår exklusiva säljkanal. Tillsammans befäster vi ställningen som världsledande leverantör av verktygsstål.

UDDEHOLM är världsledande leverantör och tillverkare av verktygsstål. Det är en position vi har nått genom att ständigt bidra till bättre affärer för våra kunder. Genom lång erfarenhet, grundlig forskning och kontinuerlig utveckling av nya produkter är vi väl rustade att lösa alla de problem som kan uppstå. Det är en tuff utmaning, men målsättningen är lika tydlig som alltid – att vara bästa affärspartner och förstahandsleverantör.

Vi finns över hela världen. Det innebär att du alltid kan vara säker på att få samma höga kvalitet var du än befinner dig. Inom Pacificområdet i Asien representeras vi av ASSAB, som är vår exklusiva säljkanal. Tillsammans befäster vi ställningen som världsledande leverantör av verktygsstål. Vår globala närvaro gör det enkelt att vara kund hos oss, och det finns alltid en Uddeholm- eller ASSAB-representant nära till hands för rådgivning och support. Det handlar om förtroende, såväl i långvariga samarbeten som vid utveckling av nya produkter. För oss är förtroende något man lever upp till – varje dag.

Mer information finner du på [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com), [www.assab.com](http://www.assab.com) eller Uddeholms lokala hemsida.