

:

(: Diecasting Defects: Causes & Solutions)

: William G Walkington

: NADCA ()

:

casting@hyundai-motor.com

- Chapter 1.
- Chapter 2. (Surface Defects)
- Chapter 3. (Laminations)
- Chapter 4. 가 (Gas Porosity)
- Chapter 5. (Blisters)
- Chapter 6. (Flow Porosity)
- Chapter 7. (Shrink Porosity)
- Chapter 8. Sinks
- Chapter 9. (Leaks)
- Chapter 10. (Cracks)
- Chapter 11. (Inclusion)
- Chapter 12. (Solder)
- Chapter 13. (Carbon)
- Chapter 14. (Erosion, Cavitation)
- Chapter 15. Outgassing
- Chapter 16. Bending, Wrapping
- Chapter 17. Flash
- Chapter 18. Stained Casting
- Chapter 19. Waves & Leaks
- Chapter 20. Drags
- Chapter 21. (Deformation from Ejector Pin)
- Chapter 22. Cold Flakes
- Chapter 23. Excessive Flux.

:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

가

. (by e-mail)

1 :

가

2 (surface Defects)

A.

(1)

(2) 가

Cold flow -
Cold laps -swirl
Cold fill - chill
Cold -laps
Poor fill - lines

2-1,2-2,2-3

B.

가 2.28mm
1.9mm (critical)

+

가 3.17mm 30% 2mm

10%

(even)가 (consistent)

가 가 가

가 가

가

:

가 가

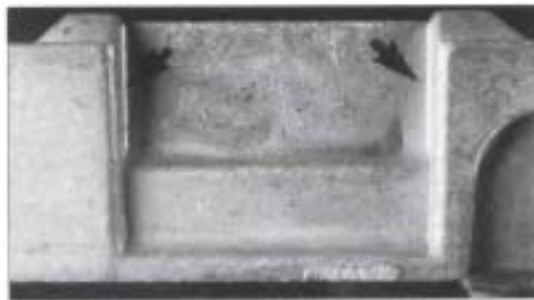
PQ

C.

- (~ 가)

- ()
- (, ..)
- ()
-
- 가
- hot & cold spot

2-4 가 R R



(2-4)

D.

가 .(:
)
(NADCA)

$$\text{Max fill time} = K \times \frac{(T_1 - T_f + SZ)}{(T_f - T_d)} \times T$$

k=
T=

Ti=
 Tf= (Solidus)
 Td=
 S =
 Z =

가

21~55

22

Pyrometer

	thin wall	average wall
	<.09 in (2.3mm)	>.09 inches(2.3mm)
Al, approx...5lb (11kg)	.09 sec	.1 sec
Zinc, approx...3lb (6.6kg)	.03 sec	.05 sec
Mg, approx...2lb (4.4kg)	.02 sec	.03 sec

(2.1 : 가)

E.

()

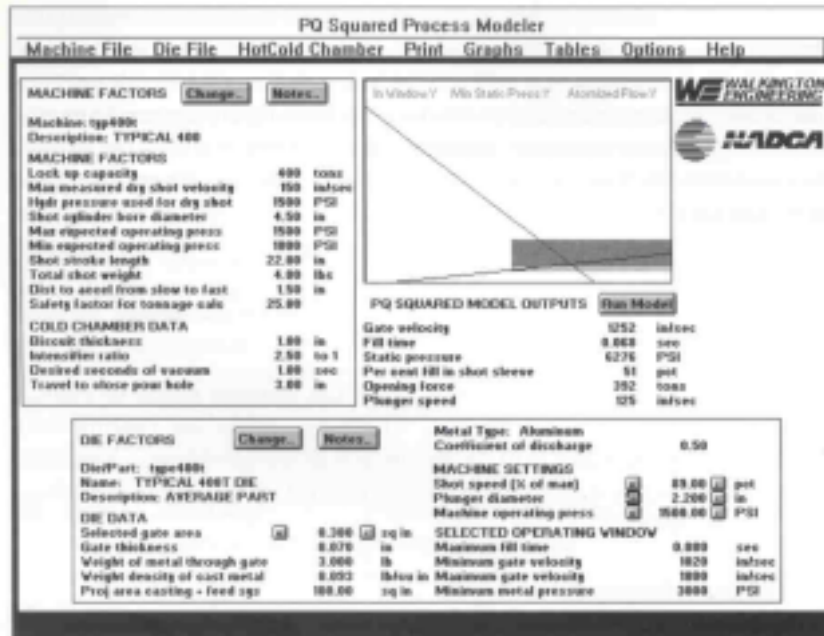
PQ

Dragging Tip -

()

PQ

가(estimate)



(2-5 : PQ)

F. (FLOW PATTERN)

PQ

(atomize;

)

$$[Gv]^{1.7} \times [\quad] \times [\quad ()] > 750$$

가

가

erosion

solidering

1. , , PQ .
3000 psi
2. .
NADCA
3. (proportional gate)
4. 가 가 가
5. 가 가 (flow path)가
6. 가 가 (direct)
7. 가 chisel(,)
가
8. .
9. 가 .
10. 가 .
Tree
11. opening swirl
12. 가 가 .
by-pass .
가 ,
가 ,

G.

204 가

(knit)

가
가
wrinkle cold flow

가 가

- pyrometer
- thermo - couple
-

pyrometer :

thermo - couple : 가
, 가

:

.()

	Good finish	Average finish
	475~600	375~600
	450~550	375~550
	450~550	400~550

· , / , · .

· 99%가 · .

· (wetting action)

action 50% wetting

porosity

· , , , ,

· , , , ,

· 10% 가 · 가 가 · .

- 2~3 · .

- 가 가 · .

- -가

(consistency)

- , , , ,

- ()

- 가

· .

· .

· .

· .

· .

- (drop size &)
-
- , , , ...
- (consistency)

가 water/hot oil flow . 가
가 .

. Water/oil . 가
(reduced flow) .
cold flow .

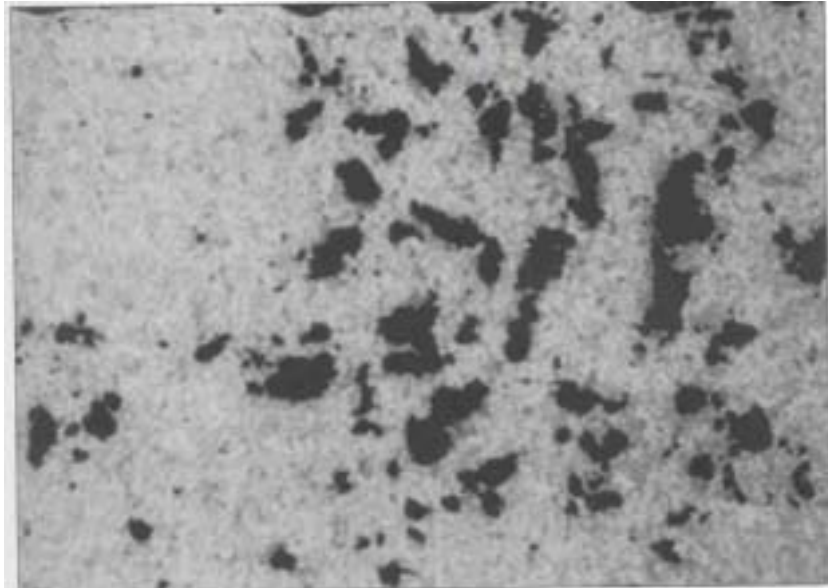
- Hot oil 가 가
- (surface defect rate) 가 . 가
- 가
- 가

가 . 가
가 . ,
) . 가 (hot oil . Hot oil
unit .
(thermal design)가 .
(, 가 ,)

water/oil heating/cooling

-
- eject pin cooling/heating line
- 가

- 가
-
-) (.
- 가
- 0.125mm 40%
-
-
-
-
- hot oil
- 가 water/oil
-
가 cold flow
가 (spot location) 가
spot heating
-
-
, 가 ,
가
2-6



Courtesy Prof. J Brevick, The Ohio State University

(2-6)

가
가 .

가 .

가 .

:

가

가?

가

가 .

가

가

가 ()

(),

가

가

가

-
- 가
-
-
- (1)
- (2)
- (3) 가
-
- (1)
- (2) hot oil 가
-
- /가
-
-

H.

, 가
,soldering,
가 가
가 432 , 687 가
가 5.5
가
± 5.5
가 가
Zamak 7 가 가
가

가 .(: 384). Zamak 4.2%
4.2% 가 .

2%

가 .

가

가 .

blister 가 porosity .

. Boss Fin Blind 가

가

가

가

가

가

Blind 가

가

가

가

3 LAMINATION

A. Lamination

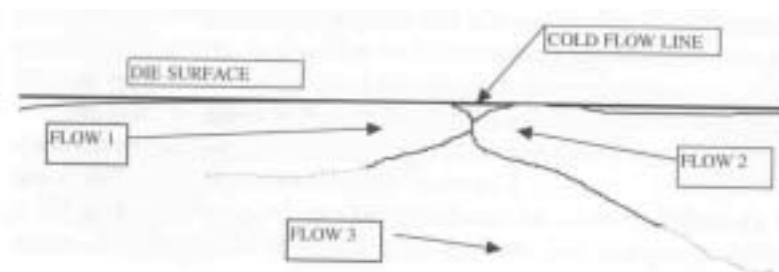
가

가

가

3-1.3-2

cold flow line



(3-1: flow lamination)

-
-

가 가 . 가 .

.
-
-
-
-
-
-

가
가

B.

가 가 가 가 (flex)

. 3-3 .

가

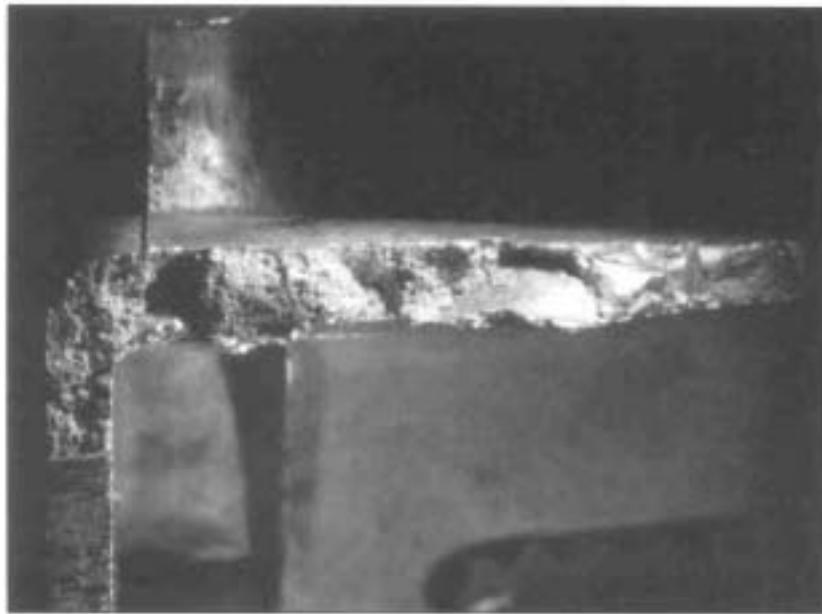
가

(:

)

worn linkage가

Skimming
2mm
가 가
가 Porosity
가 4~10
가 3-4 가



3-4 가

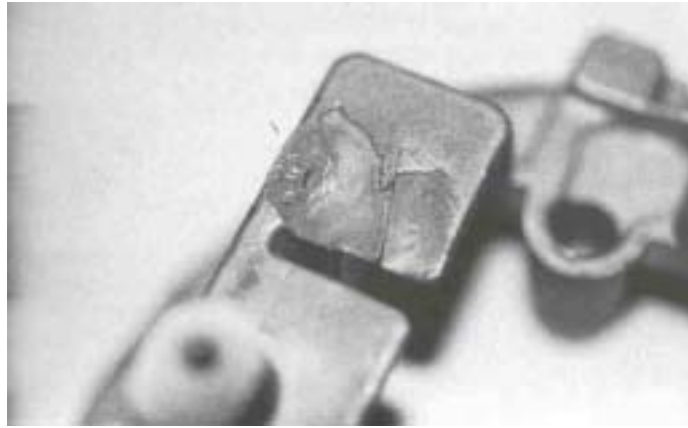
Skim . 가
가
가
가
가

가

3-5, 3-6 ()



3-5



3-6

(Shot)
가

static intensifier

가

가

4 Gas porosity

A. Porosity

Porosity 가 .
Near-net shape가 가 porosity
. Shrinkage porosity gas porosity
porosity 가 .flow porosity
porosity . 가

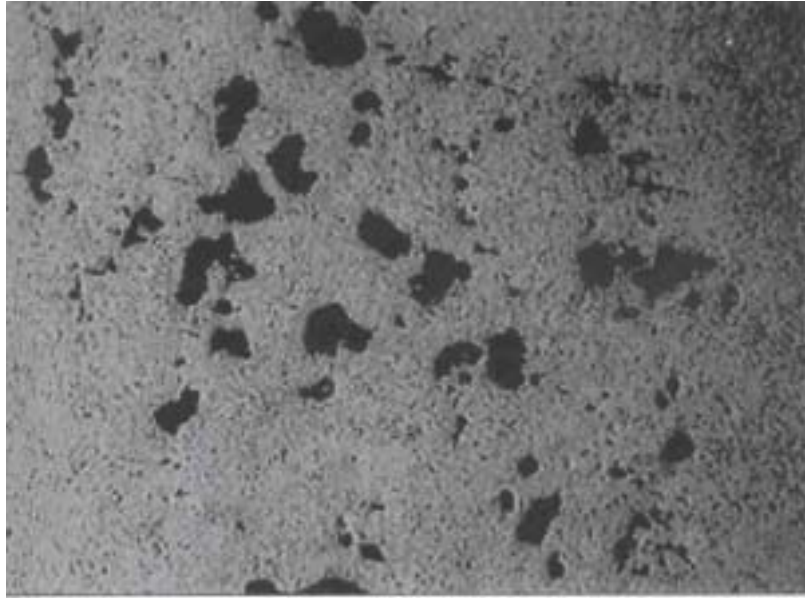
가
가
가 5~50
X-ray 가
(Lathe) 가
가
(Lot)
가

B. 가

가
가
Blister test
Blister 600 가 1 가

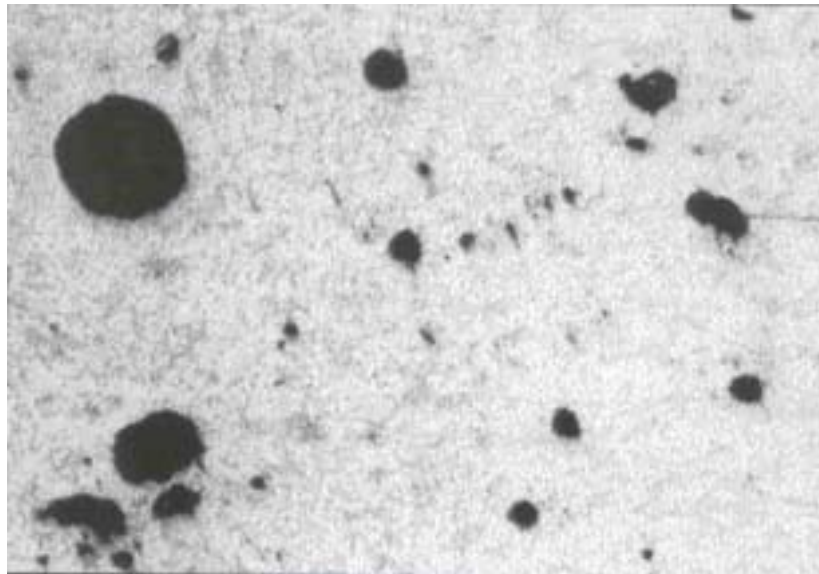
C. 가

가 4-
1,4-2,4-3,4-4

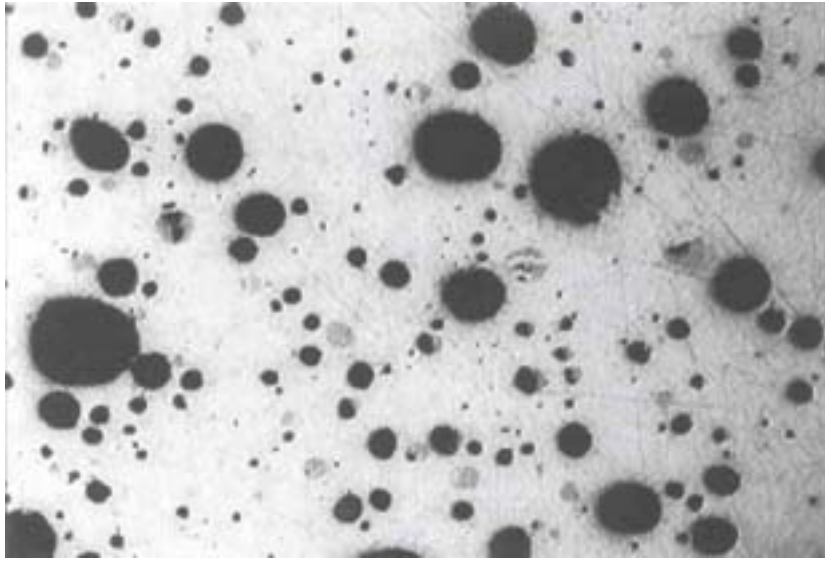


Courtesy Ohio State University)

4-1 : 가 , 0.5% , 50

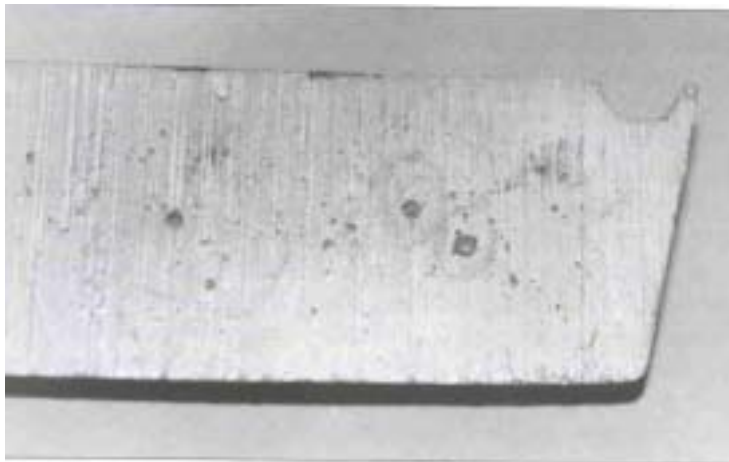


4-2 : 가



4-3 :

가



4-4 :

가

4-5 flattened look 가 .

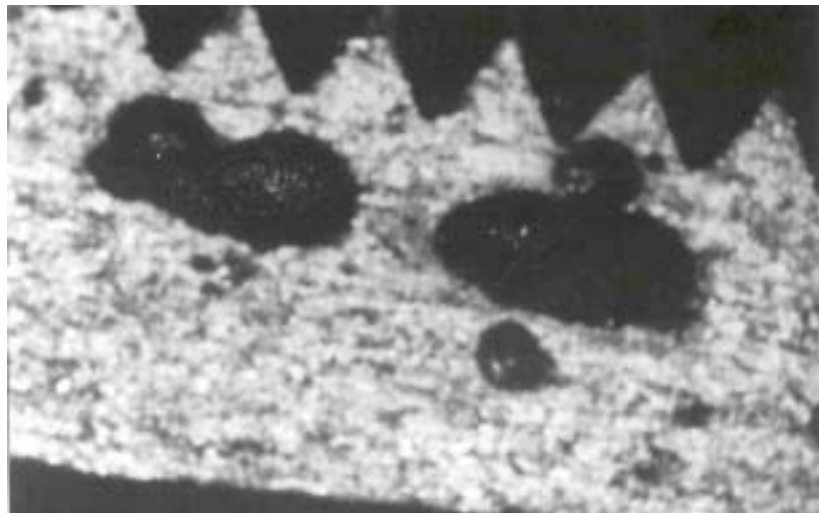
.



4-5 : (flattened) 가

. 가

가 . 4-6



4-6 : 가

가 . 가
가 (outgassing) 가 .

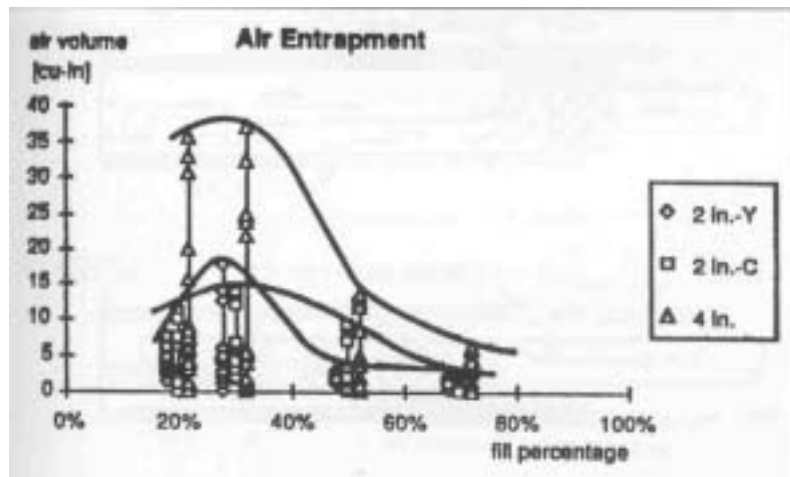
D.

3가

가
가 가
가 . 가 5~50cc 20~30cc
가 . 가 10
가 . 가 1cc .
가 가 .

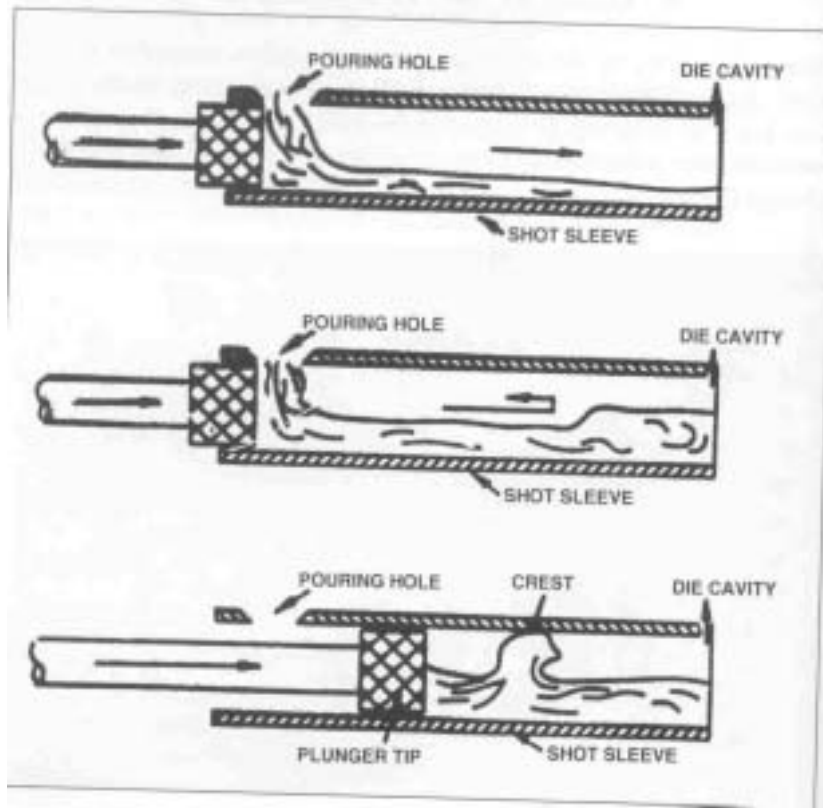
E. trapped air, Plunger System

가 가 .
가 .
(percent fill:) . 4-7
50%



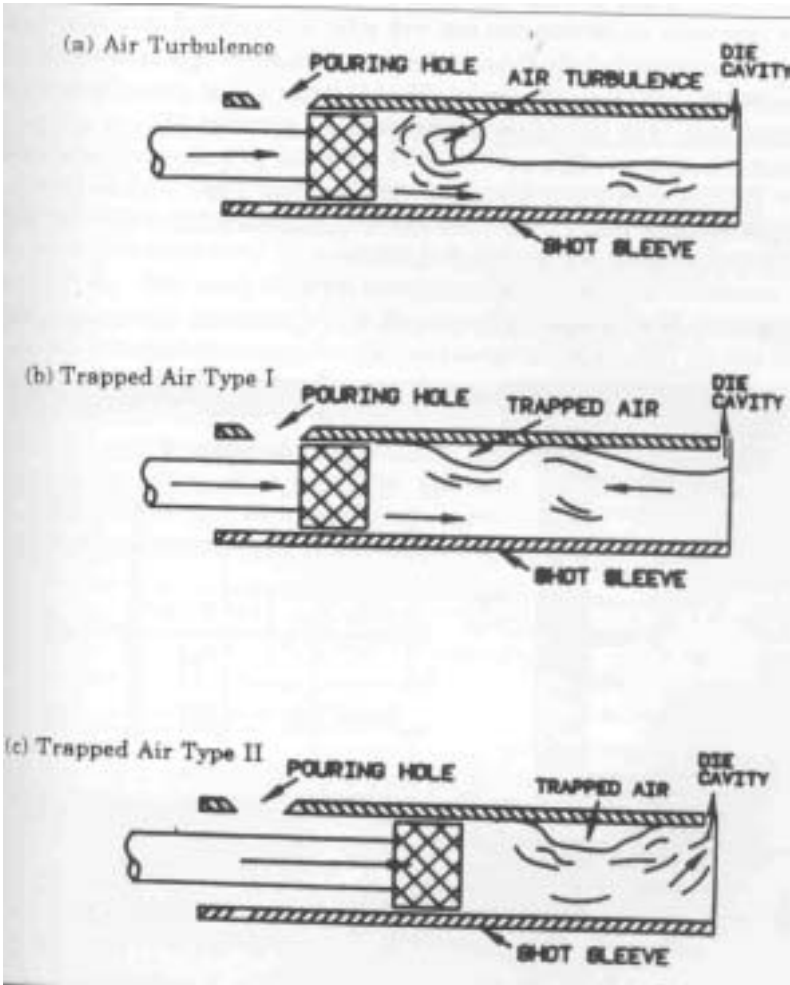
4-7 :

가 , , 50%
가 PQ 가 가
50% 가
가 가
(4-8). 가
가 가



4-8 :

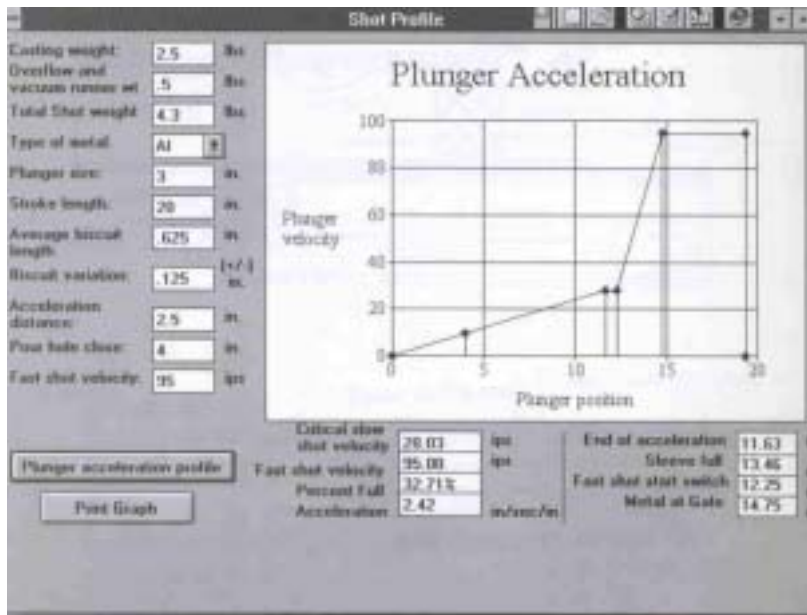
가 50% full 가
 PQ 가 가 . 가 가 가
 (surf), (4-9).



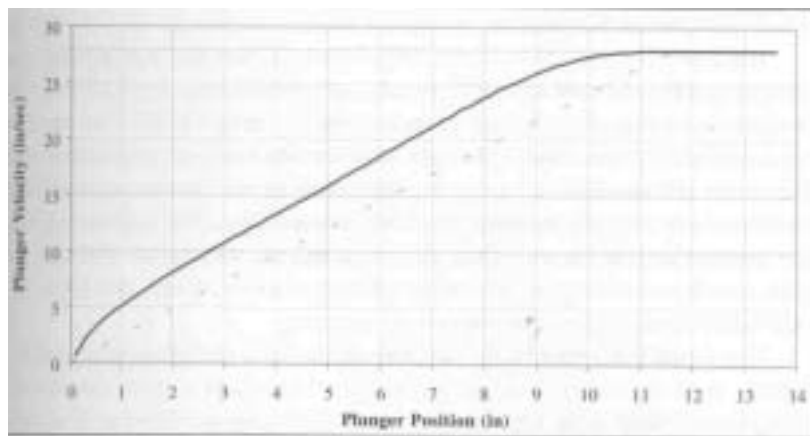
4-9 : 3가
 () 가 가 (,)

가 가 (travel)

가 50% 가 가
 가 50% 1 2 가 가
 1 2~3 / .4-10.4-11
 가



4-10 (32% fill)



4-11 가 ()

가

가

가

가

가

$$C_{ss} = (22.8) [(100 - \%fill) / 100] \text{ SQRT } (\quad)$$

C_{ss}=critical slow shot speed.

(percent fill) 50% 가 100% 1~2
가
C_{ss}
over) 가 C_{ss} (surf) (roll
(pull)
(splattering)

shot

가

Pour Hole Speed

Pour Hole Speed

(change over point)

가

Pour Hole Speed

(change over point)

F. Trapped Air, Runner system

가
64~160Km
(pull away)
eddy swirl 가
(pull away)
(smooth)
가

G. Trapped Air, Vents & Vacuum

가 가
70%
= $Q/8000$
Q= ()
8000=
(shallow) Z Edge Edge
spitting
가 가
가

가
가
1
가
가
가 (leakage)
가 (wear)
reading
O-Ring
()

(1)

(2)
가

(3)

()

H. Steam

가 . 가 .

1500 .

가 . 가

98%가 . 가 가

가 가

가 가

가 .

가 가 가 가 가 (locking) 가

가 가 가 (heat)

가 가 가

가 가

가 가

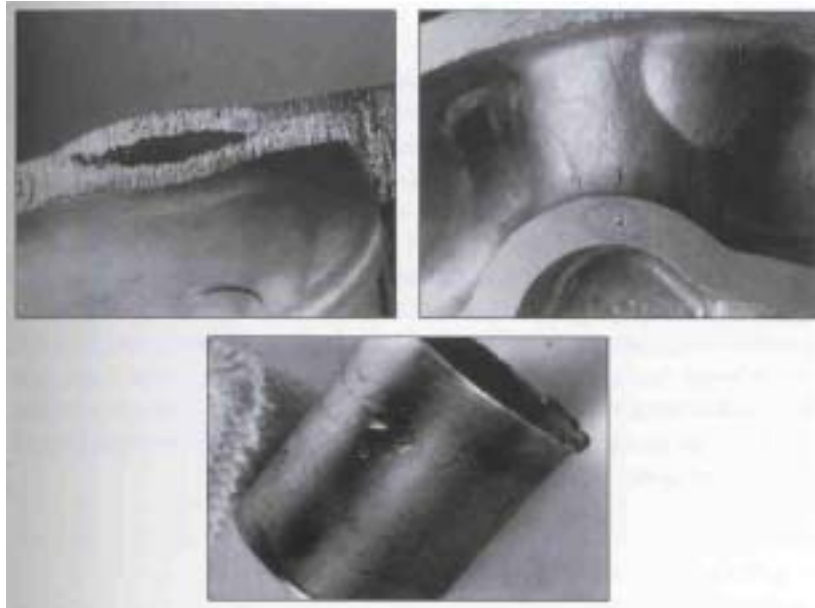
가 가

4-12 가

5 . BLISTER

A. (Sources & corrections)

Blister 가 Blister 5-1



5-1 : Blister

가 (2000~15000psi 137~1000bar)
(315)
가 blister blister
가 blister Blister
가 (가)
가 ()
가 가
가 Blister Blister (Swirl)

back fill

(spread the flow pattern out),

dead spot

eddy

reflection

(edge)

가

가
(Push up).

가

가

가

가

가

()

가

()

NADCA

90

가

Radius가
saver

Hog nose

가

가

B. Blister (Hiding Blister)

가

spot cooling 가 . 가

가

가

air blast

가

spot cooling

spot cooling

“ ”

가

가

가

가

impact pressure가

가 가 가

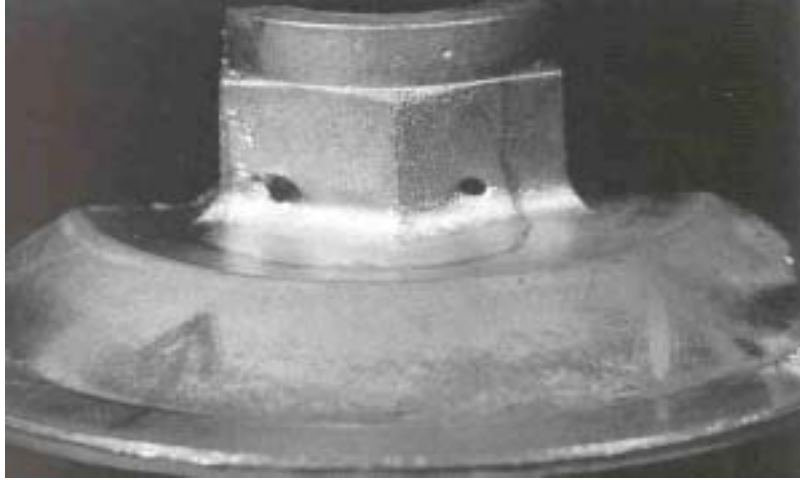
5 Flow Porosity

A.

flow porosity

6-1.6-2

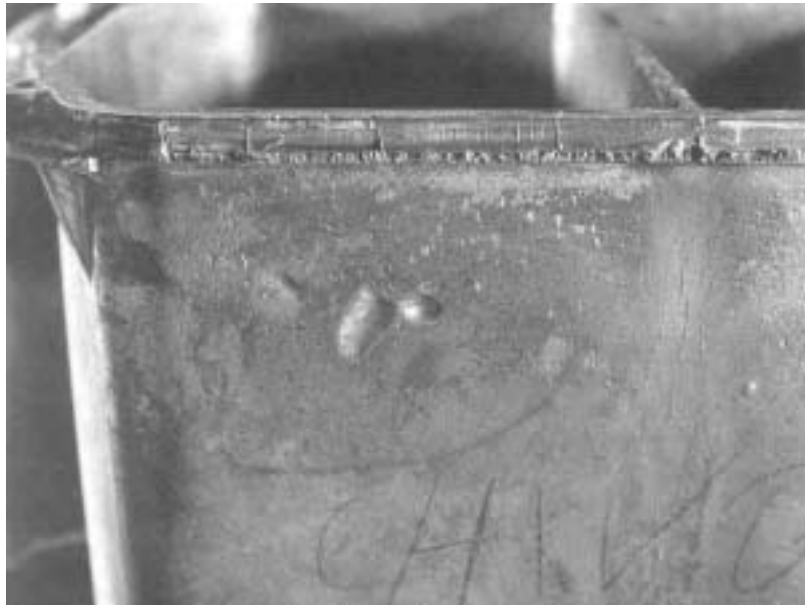
가



6-1 ; 가

6-1 가 가 가
6-2 가 가

(dragging)



6-2 : FLOW POROSITY

가 가 가

가
flashing spitting 가
가
가
가 가 가
가 가 가
가 (Limit) 가
3가 가 4가
가
가
가 *X-ray* 가
가 "crack like" 가
가
가
(dragging)
- (free charge)

- (Pre-charge)

가
< 634
< 410
< 634
가
165 .

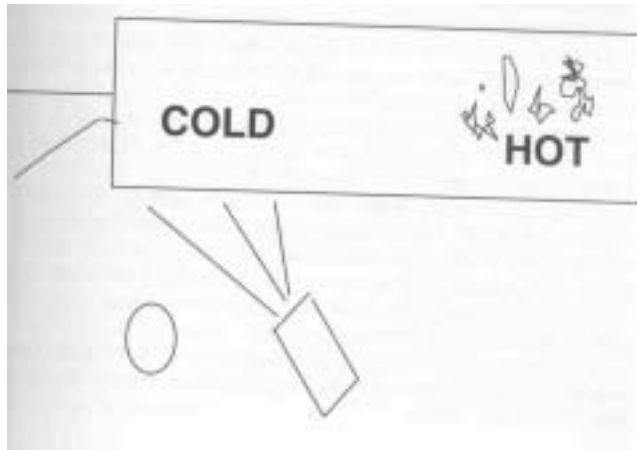
5

A.

. , ,
가 . , ,
4~6% 가 . 가
가 . 가
가 .

B.

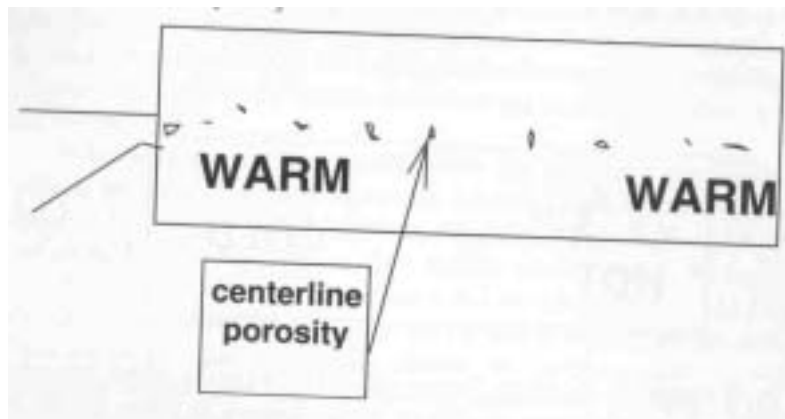
가
가 ,
(configuration), ,
.



7-2

7-3

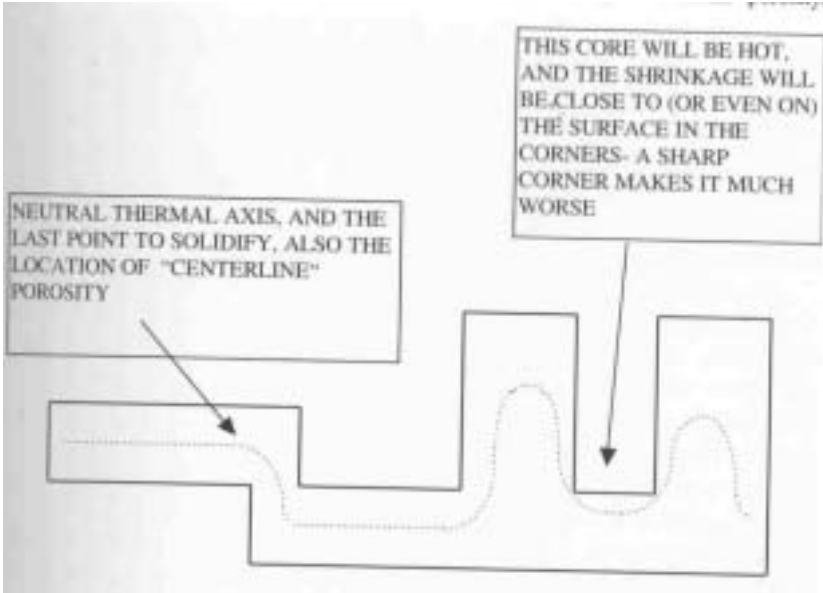
가 . (가)
가 7-2 가
가 7-3



7-3 :

가 가 가 가
가 (porous) 가
가 /가

7-4



7-4 :

가

.(:

H-13

4~5

가

7-4

(thermal

axis)

가

C.

(rough), (irregular)

.가
가

가

second>
(layer)

(

<milli-

.)
가

가 가

가
가

가

)

가

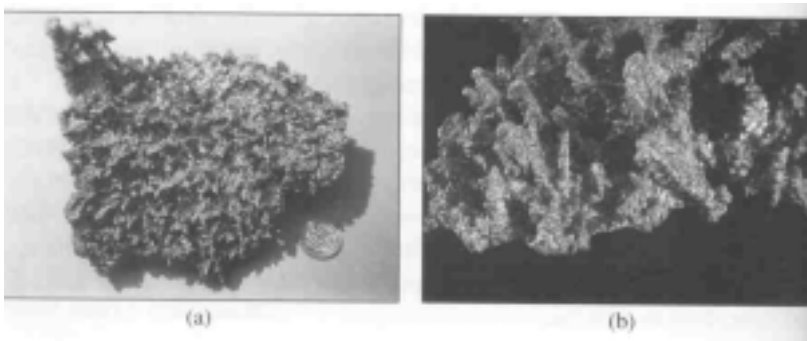
(

가

(

).

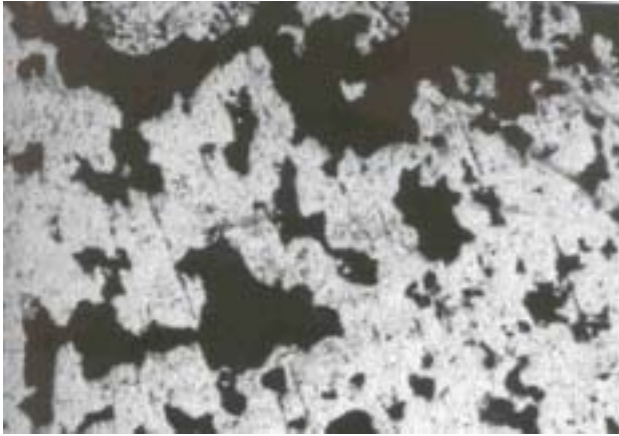
7-5



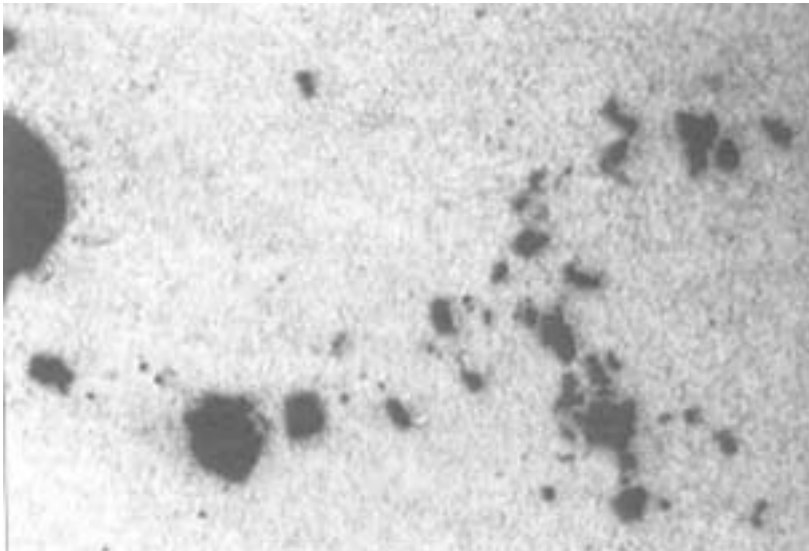
7-5

:

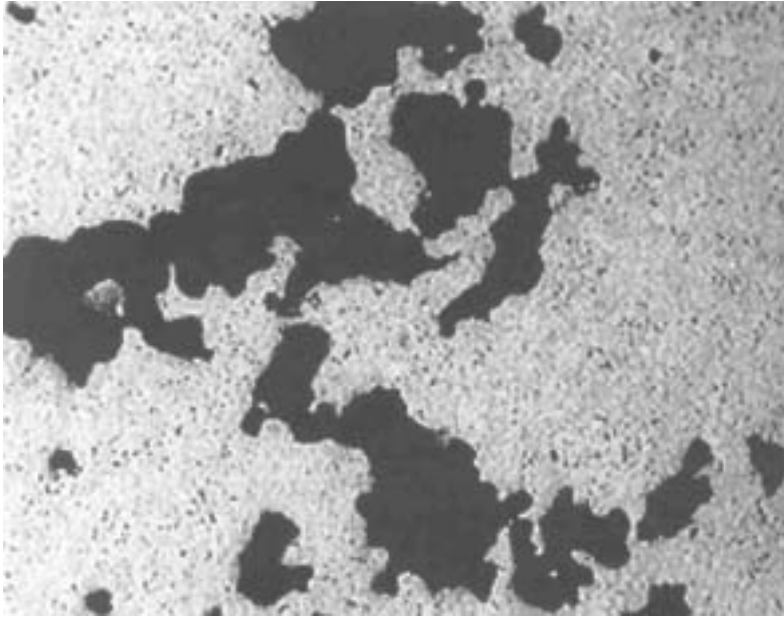
(NADCA)



7-7



7-8



7-9

가
(porous)
가 ()
가 “ ”

D.

- 가 가
- 가 (2.54mm , 가
4mm)

가

가

A.

/

가

B. /가

C.

가

D. metal saver

E.

F.

가

E.

intensifier system

가 (intensification)

(critical)

(flashing).

가

mushy

가

Mushy

가
가

Mushy

가

380 --- 80 F (27)
384 --- 120 F (49)
413 --- 15 F (9.5)
AZ91 --- 230 F (110)
Zarmak() - 10 F (6.5)

가

Mushy intensifier
가
가 : 가 가
intensifier ;packing pressure
Rise time

(critical)
metal saver 가 (critical) 가
pressure packing pressure (static metal intensified)

intensified
static metal pressure가

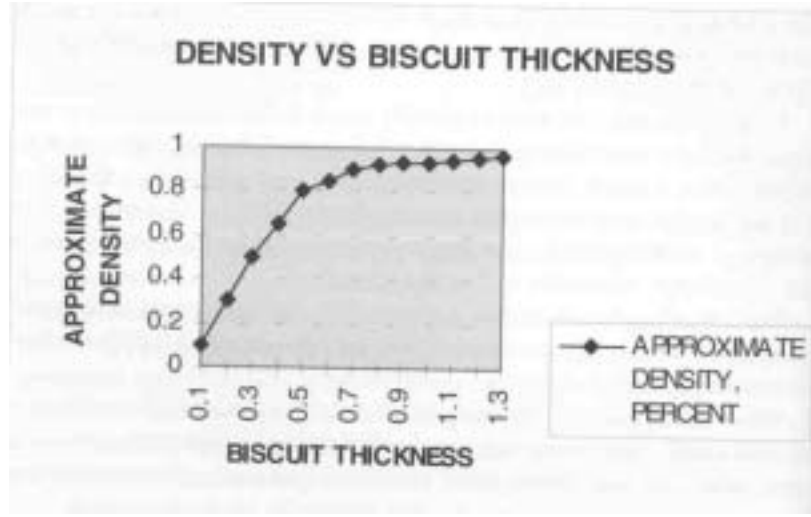
7-1

intensifier
intensifier
intensifier가 (critical).
가 (operational consideration)
가
가
가 (Operation)
가
가

가

7-10

(procedure) 가



7-10

가
가

ㄱ) (static & intensifier)
(process design) . 가
PQ₂

- 1)
- 2)
- 3) intensifier

ㄴ) , ,
가 , ,

ㄷ)

impact spike, rise time,

impact spike (Flashing)

가

impact spike

impact spike

가

가

가

ㄹ) tip to sleeve clearance, , , ,

ㅁ) pre-charge

(low static pressure).

packing pressure

ㅂ)

가

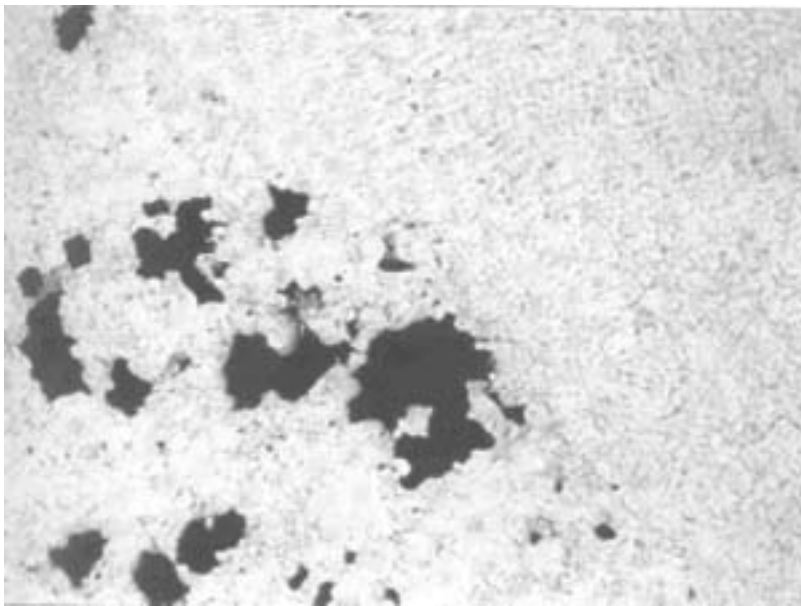
ㅅ)

가

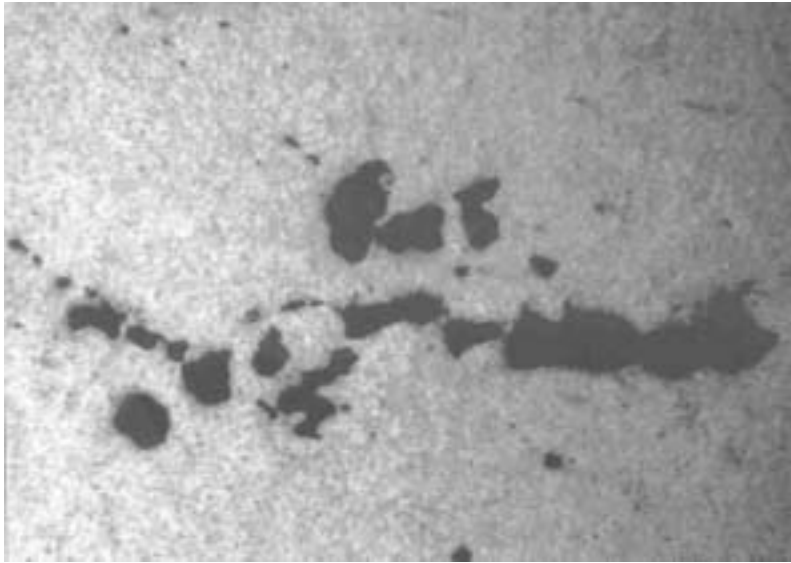
packing

H.

7-11 & 7-12가 . 가 .
가
가 random
(blind pocket)
가 가
가 가
가



7-11 : 가 ,100

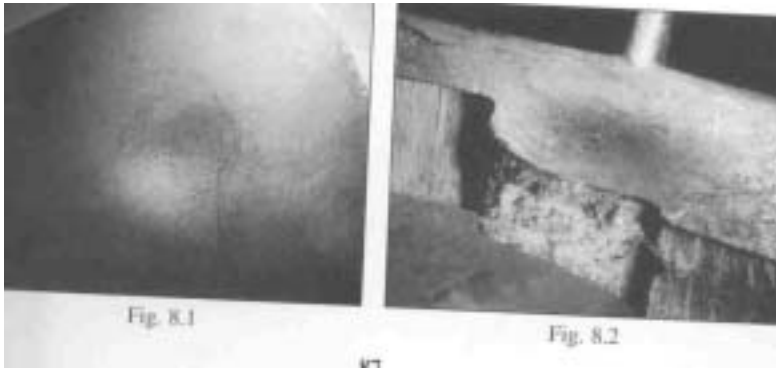


7-12 : gas porosity & shrinkage porosity
50

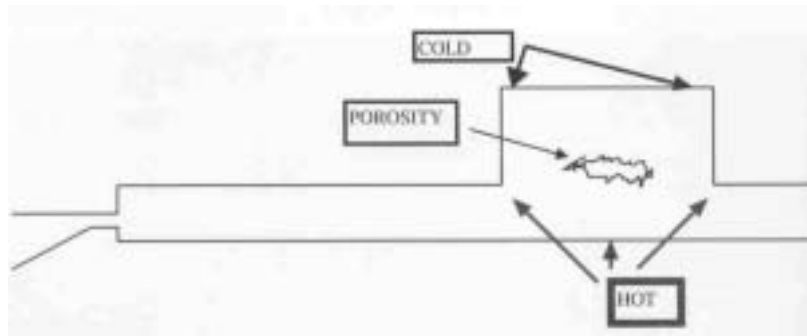
8 , SINK

A.

Sink () .Sink 가
. 8-1. 8-2가 Sink .
가 가 . Sink
. , 가 가 .
가 가 .



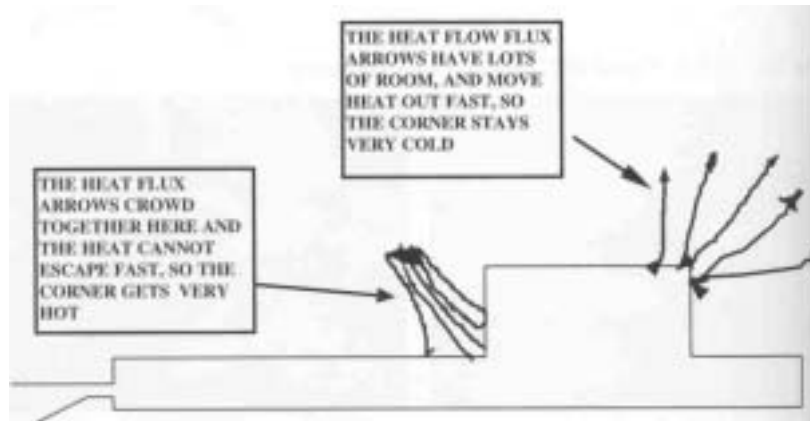
가 가 ,
가 .
hot 가 cool
가 .(8-3) .



(8-3: Sink가)

3

(8-4).



(8-4 : 가 가)

()

가

가

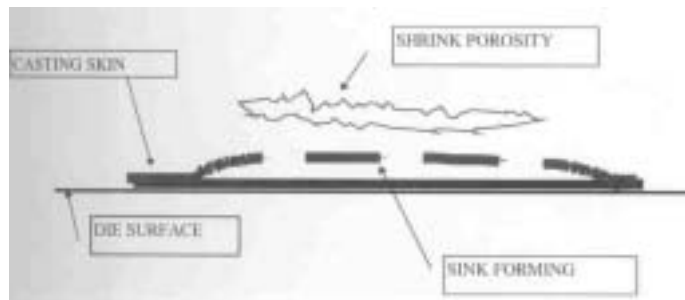
(

가

.)

가

.(8-5).



8-5:

가

(intensifier pressure)

가

가 .

(contraction)

가 .

sink 가 .

sink .

가 .

sink

8-6 & 8-

7

sink



8-6 :

leak

가 sink



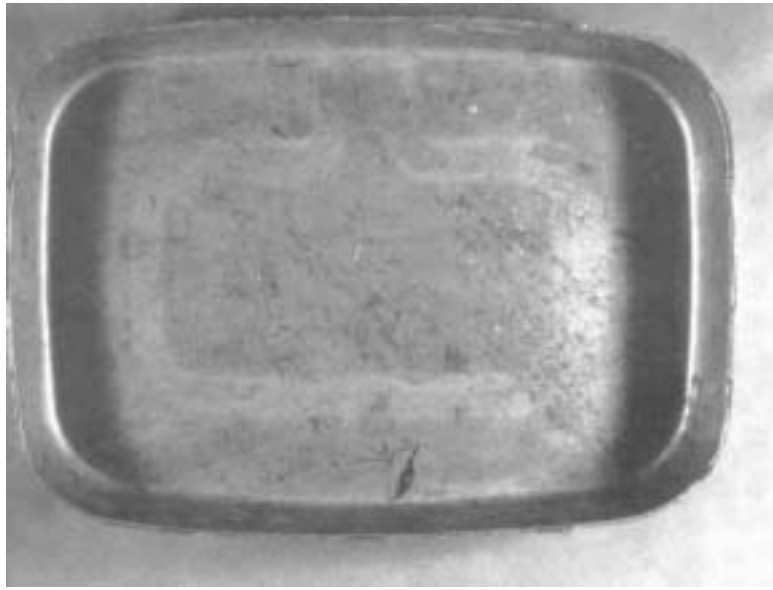
8-7 :

Sink

B. (correction)

sink

가 Sink Sink 가
Sink가
rough(frosty)
(rougner) 가
8-8 가 가 가



8-8

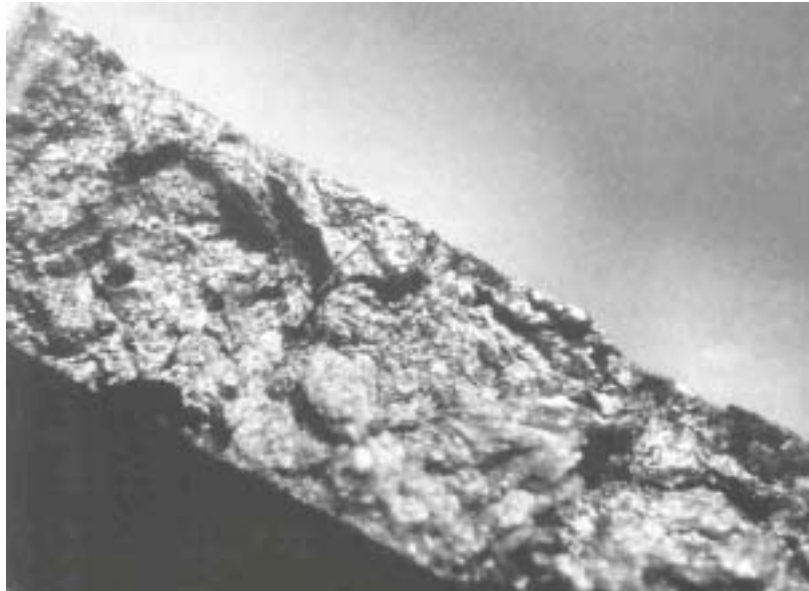
가 Sink가 가
Sink가 가
Sink (opposite a
boss), Sink가 가
가 가
가

가
가 .
Sink Sink
가 Sink가
() (put)
가 가
Heat Sink

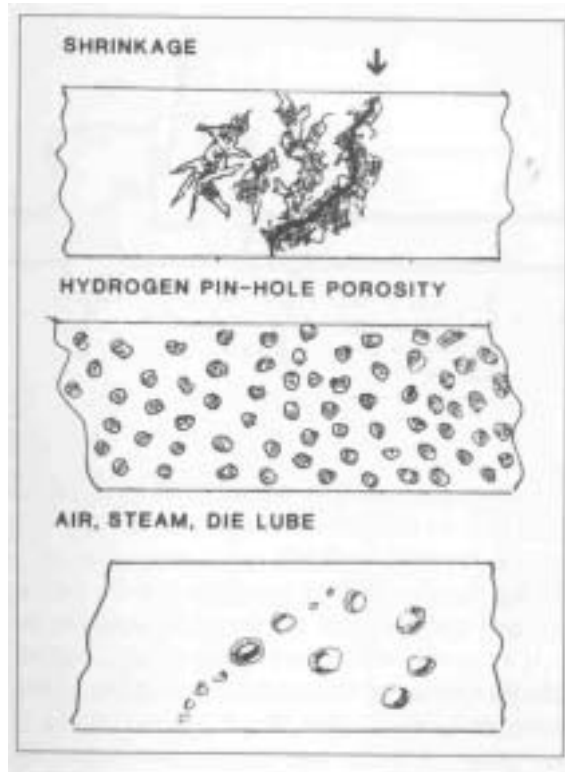
9 Leakers

A.

가 가
가
가
가
가 가
가 가
9-1 9-2



9-1 : 가



9-3: ;

가 가 가

가 .

가 .

(static() & intensified pressure()
). .

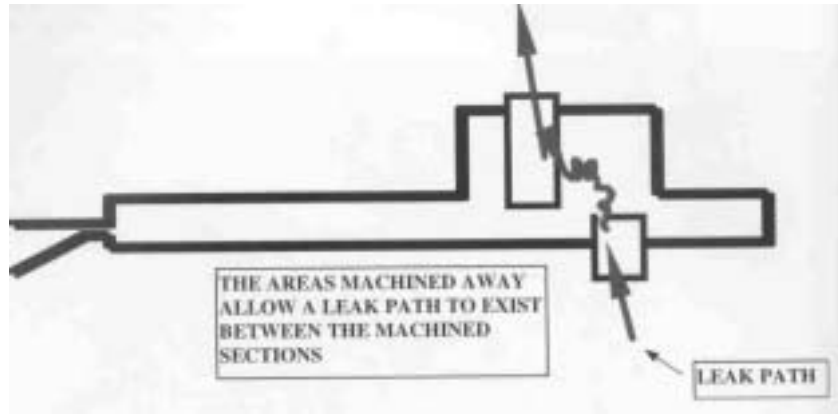
가

(thermal axis)

(porous section) 가 . 가

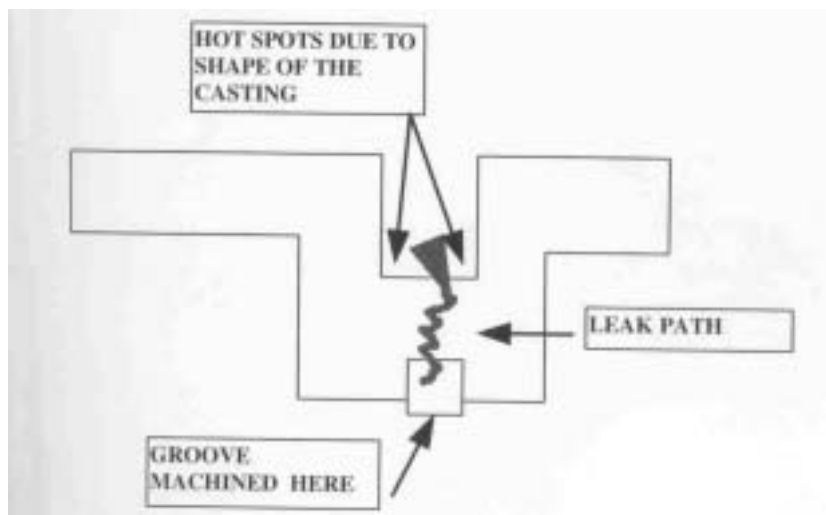
가 가 가 (

) 가 . 9-4



9-4: 가 가

가 (drag),가
가 Sink 가
가 (frosted appearance) 가 (frosted appearance)
가 (frosted appearance)
(9-5). (frosted)



9-5

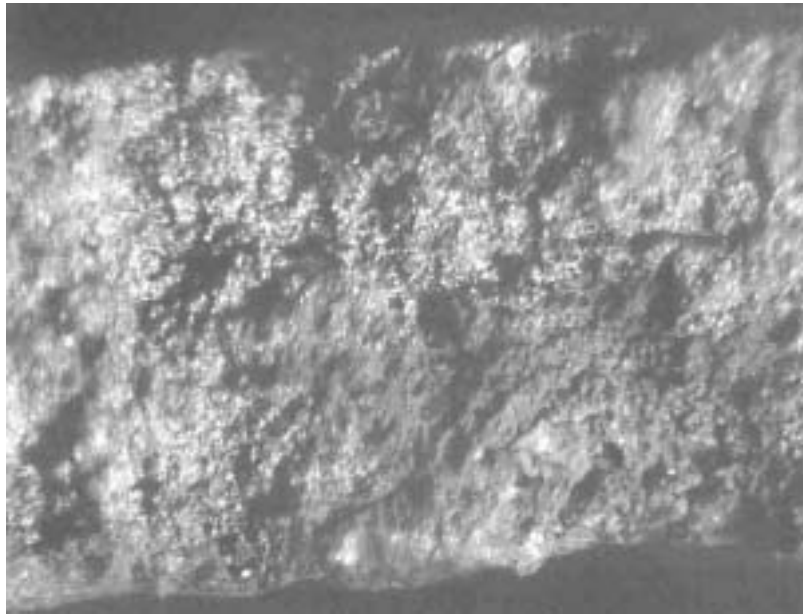
가 /가 가
가 (difference between die halves) 27
55

B. (Correction)

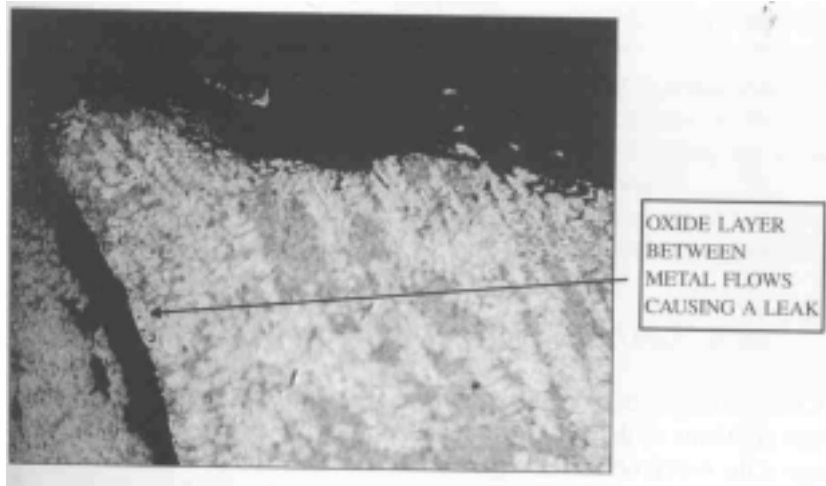
(solid skin)
가 (ststic pressure)
가 -5000psi
(Shot Pressure)
가 Intensifier pressure rise time
가
가 가
가 가
가 가
가 가
가 (Radius)
Solder drag Drag
가 Feeder
(operating window)

가
cold flow flow porosity
cold flake oxide skin
가 가 가 가
가
가

9-6 9-7



9-6 :



9-7

가 . 가 가 . 5~30
cold flake

10 . (CRACK)

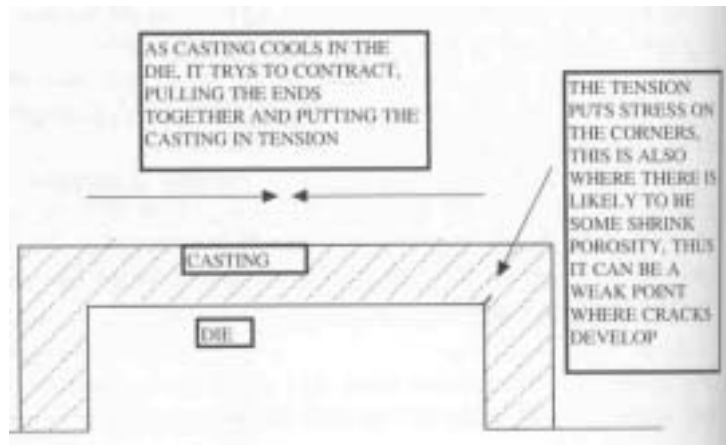
A. - (shrinkage & Stretching)

가 .

가

(casting spends more time than than is necessary in the die : chill time) (tension)

. (10-1)



(10-1:)

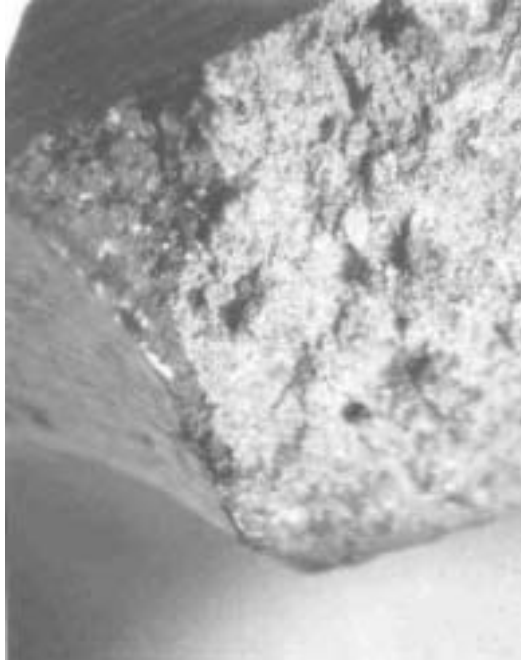
가
가
가
가

- 1)
- 2)
- 3) 가
- 4) 가

가 ,
가
가 ,
가

10-2

가



10-2:

가
 . (There are some things that can be done with stress crack that would not be effective with shrinkage cracks) 가
(stretching) ,
가 .

1) 가 dwell time

2) R

3)

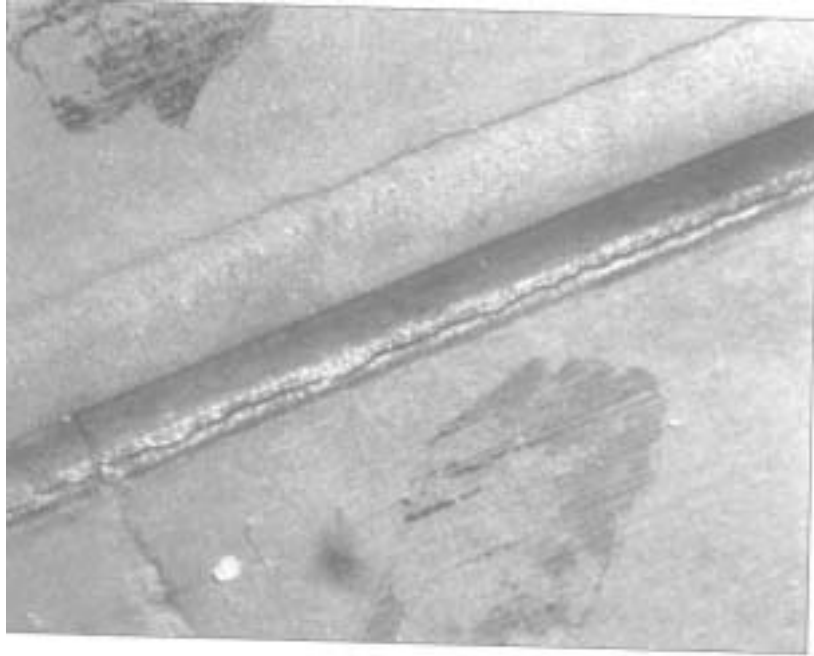
가

가

(Heavy)

가 가

10-3



10-3:

가

가

B. -

가

(shift)

가

가

가

가 . Projections in the die that will cause the casting to be stretched between the projections are a bigger problem in magnesium. 가 가

가
가

knit line
().

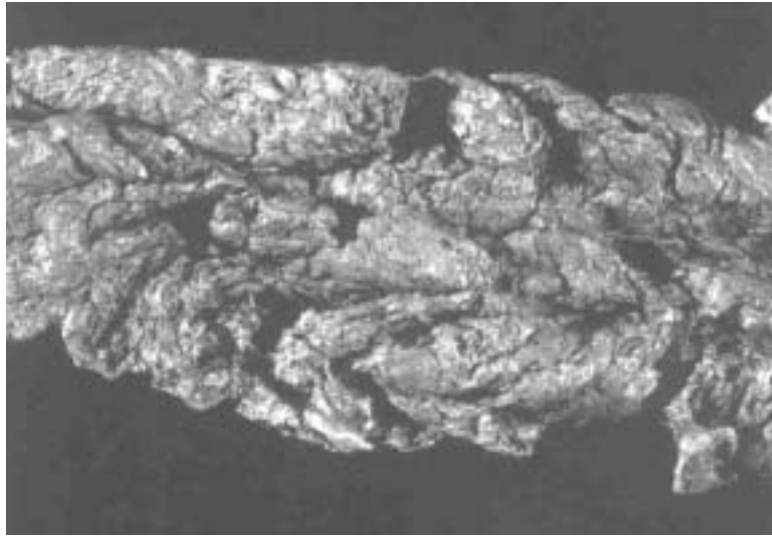
- 가 ; 가 가
(spread flow out),

- 가 가 (static pressure)

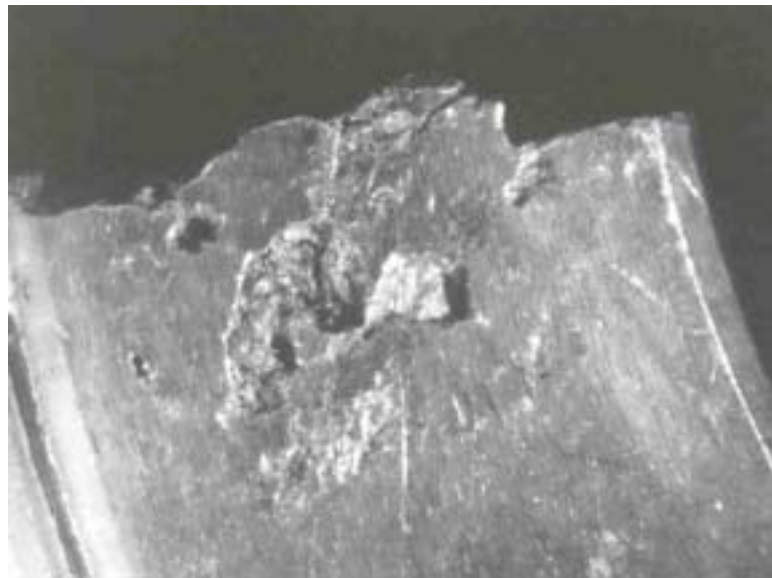
- 가

- . Fe, Cu, Si가 Si 가

11 (Inclusion)



11-1; pot softer oxide skinning



11-2 : dip out

가

polymorphic (800)

(Al₂O₃) -Al₂O₃ 가

(dense). 가 corundum

Corundum 4.0 Al₂O₃가

가

Corundum ()

가 corundum

가 Al₂O₃

condunrum

가

982

corundum

가 hard spot

가 condunrum 가 melt line

가

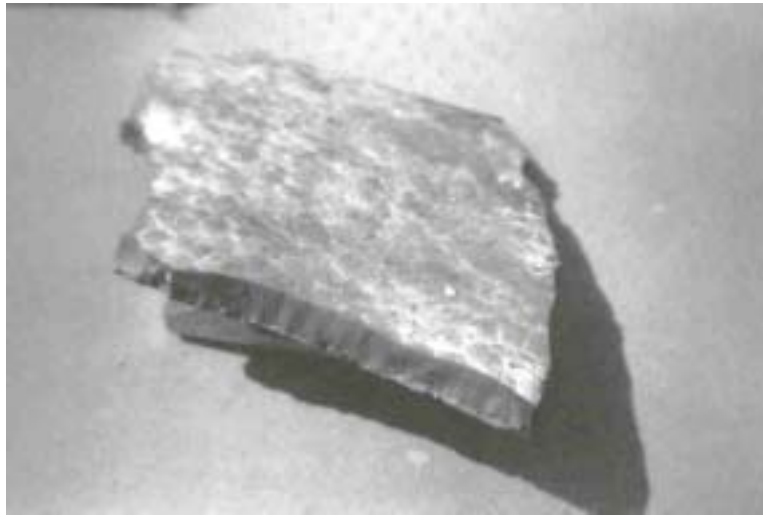
Corundum 가 (bath)

Corundum corundum Al₂O₃

corundum 가

가

가 11-3, 11-4



11-3 : corundum



11-4: 가
corundum;

hard spot

가 가
가

Hard spot

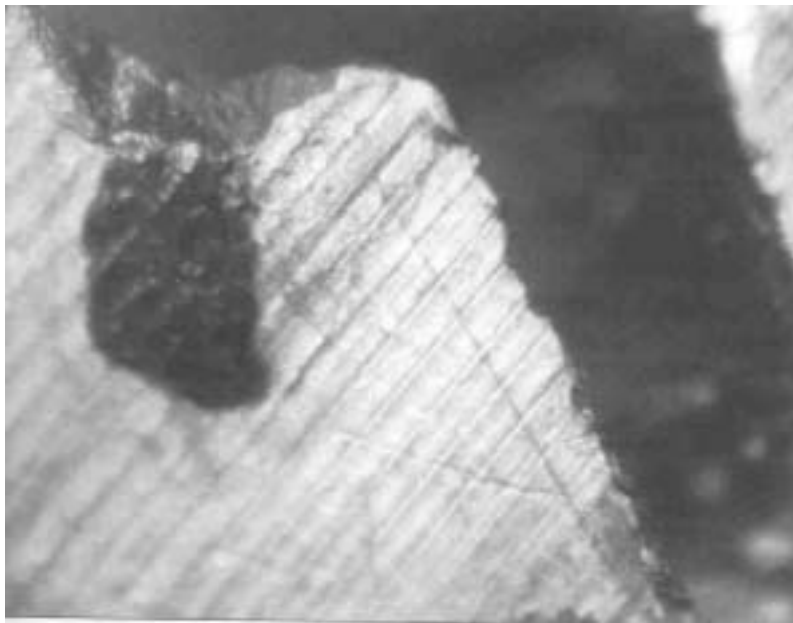
11-5,11-6,11-7,11-8,11-9,11-10

corundum



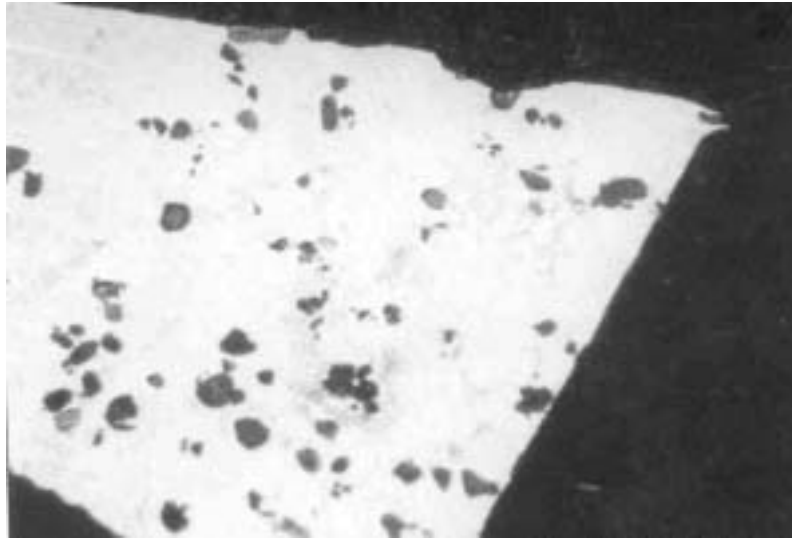
11-5

hard spot :

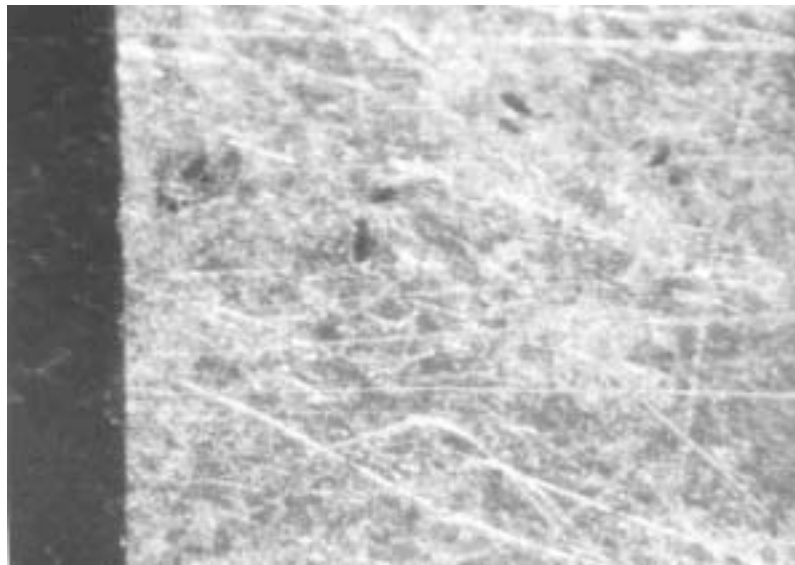


11-6

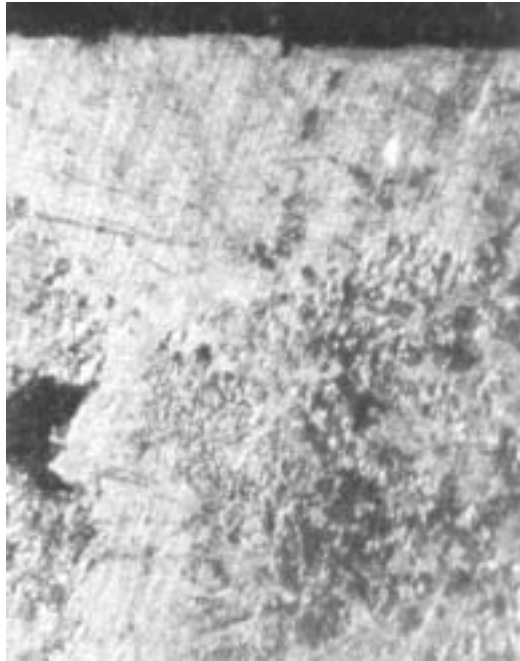
corundum



11-7 corundum 가 ,



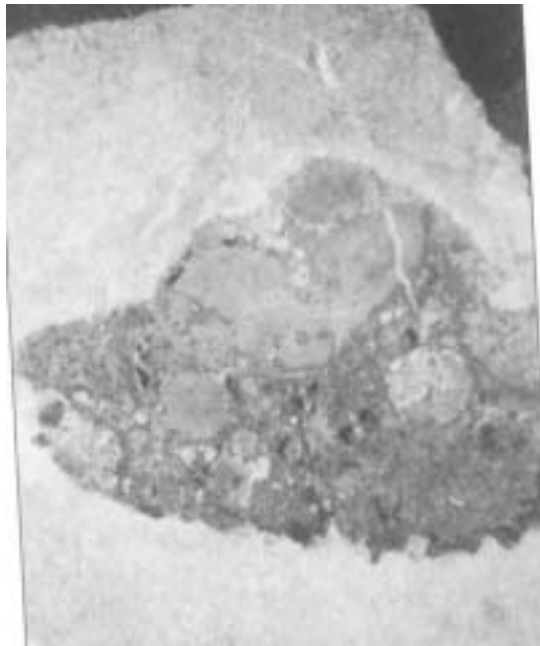
11-8 corundum



11-9

corundum

corundum

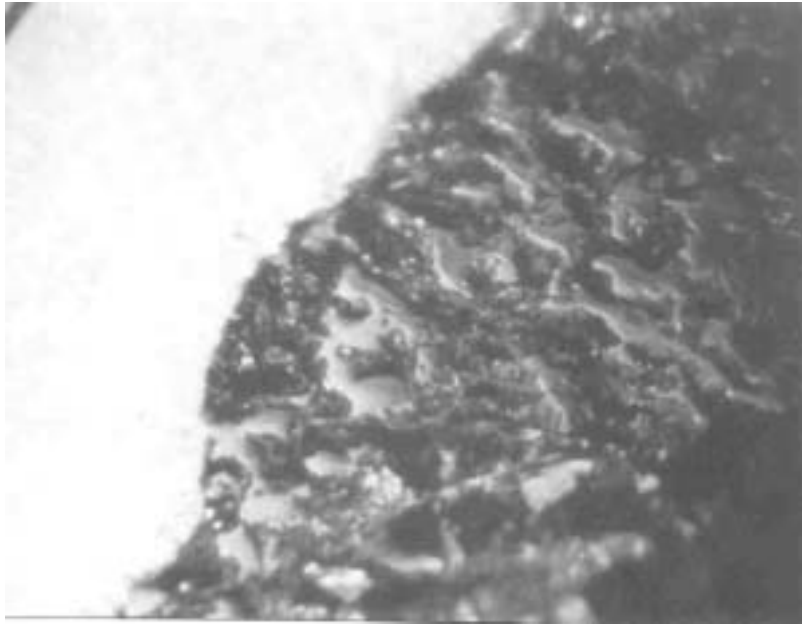


11-10 25
(), (), ()

B. Hard Spot

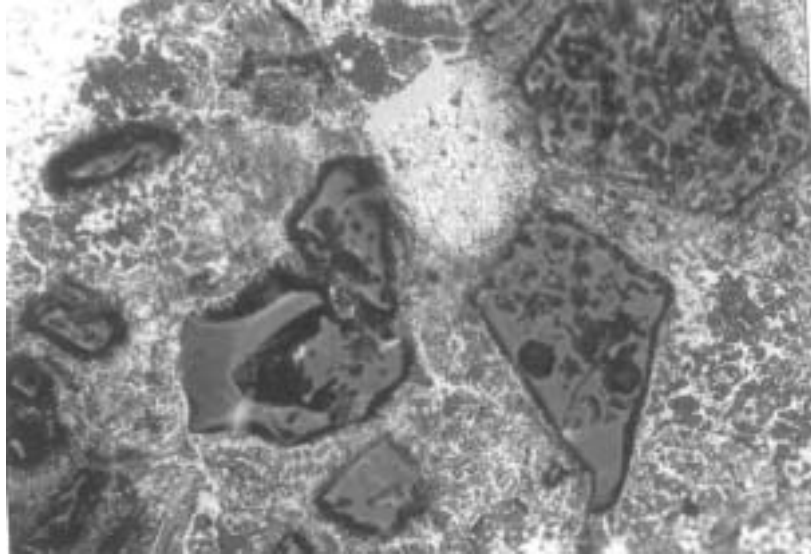
hard spot
() 가
corundum
11-11, 11-12

hard spot



11-11

hard spot



11-12 (corundum, flux, refractory) hard spot.

- 가 (tapping) .
가 . 30 .
- .
가 가
- .
(dress) 가
- 가 .
(,)
- 가 .
732 ~773 가
- 가 가 .
가 3 6

- ㄴ)
- ㄷ) 6 가
- (after it leaves melting furnace) 가
- 가 (dipout) 가

C. (sludge)

(Al, Si, Fe, Mn, Cr)

가

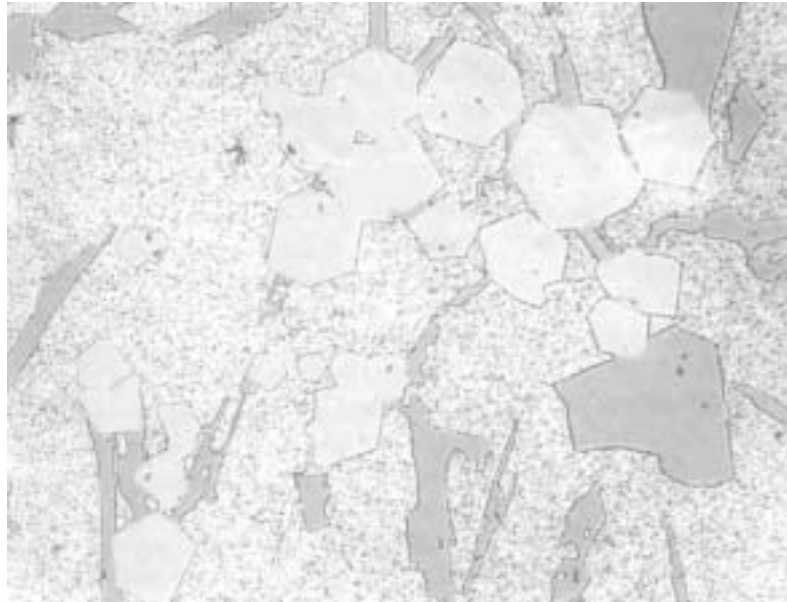
11-13



11-13

11-14

Cr , , Fe, Mn,



11-14 , 가

$$(\%Fe) + \{2 \times (\%Mn)\} + \{3 \times (\%Cr)\} < 1.75$$

1.80

가

648

가 가

D. & comet tail areas....

가

가
(comet tails)

pot
pot FeAl₃
가 437 가 가
ZA pot
pot

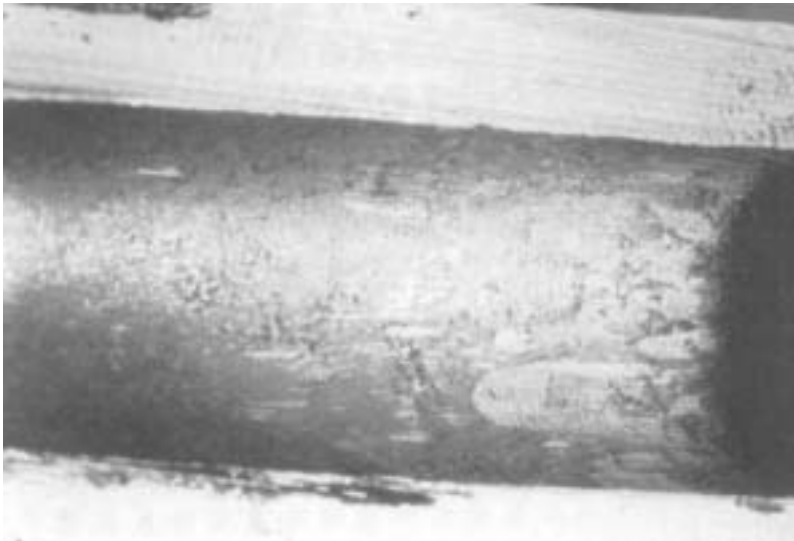
12 (Solder)

A. solder

Solder
가

12-1

Solder



12-1,

가

가

가

(penetrate).

가

10/1000
가

inhibited

tough

가

(erode)

가

가

가

가 가

가 가

5

wash

가

가

가

가

가

(wetting)
(match)

가
가 가

가

(bubbler) 가 () 가 가
가 3.18mm 1/16 가
(fountain) 4.4mm
12.6mm

/

가

가

(stick)

380

1.3%

0.7%

B.

1)

, PQ

-

2) 가
- 가

가

-

3) 가

가

:

가

draft area

.static intensifier ()

PQ2

가

-

:

가

가 가

가

-

:

가

-

:

가

가

가

가

가

C.

가 . 가

()

deposit
steel

. Deposit
가

(polishing)

. Deposit

(2

)

deposit

eddi가

가 deposit deposit

high polish 가

13 , (Carbon or Die buildup)

A.

deposit buildup

13-1



(13-1.)

가
whitishfh(?) solder 가
(scraping) 가 가
(peel off)

B.

(lubricants)
가 가 가
가
가
(formulation)
가 가 가
가 가

14 Erosion Cavitation

A. Erosion

가 (The high velocity required at the gate is significant, as is the condition and the temperature of the die steel at the point of impingement).

가
(with the aluminum essentially dissolving some of the die surface away) Cavitation 가

(product of corrosion and erosion) 가
가 corrosion erosion
가 14-1 erosion



14-1. erosion ;

B. erosion

가 가 가
erosion

: 30~50 m/sec

: 25~40 m/sec

: 25~76 m/sec

가 . 가
가 . 가
60m/s .
가 . 가
가 (heavy flow). erosion
45~50m/sec 가
erosion
가 .
erosion
soldering
가 .
erosion
Erosion
erosion
erosion solder
177 ()
soldering .
가 . ,de-gassing,cleaning,
390
erosion 가 . 가

erosion 가 . 380

(operation parameter)

erosion

PQ2

가

()

erosion

C. Cavitation

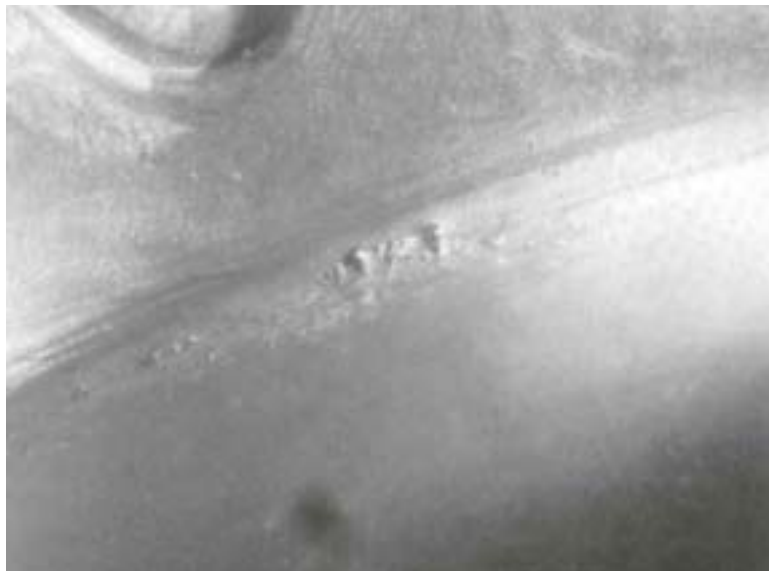
(가)

impolding

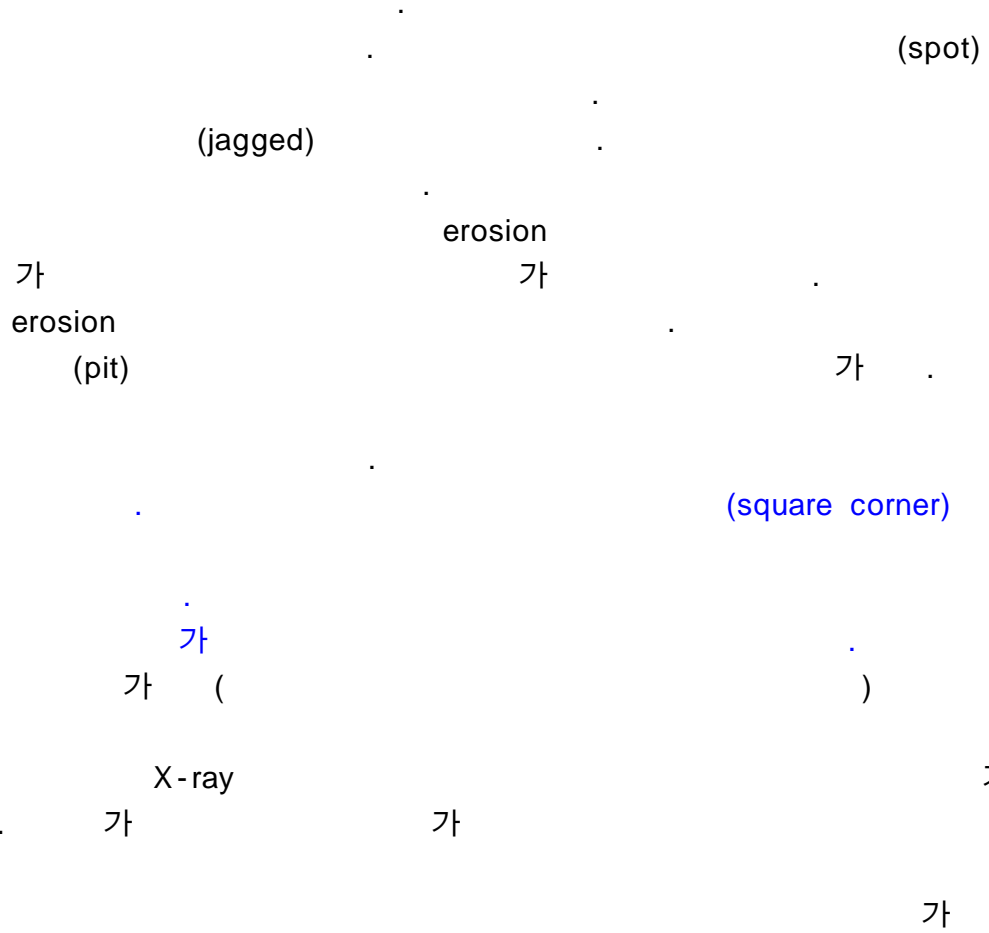
가

14-2

1000



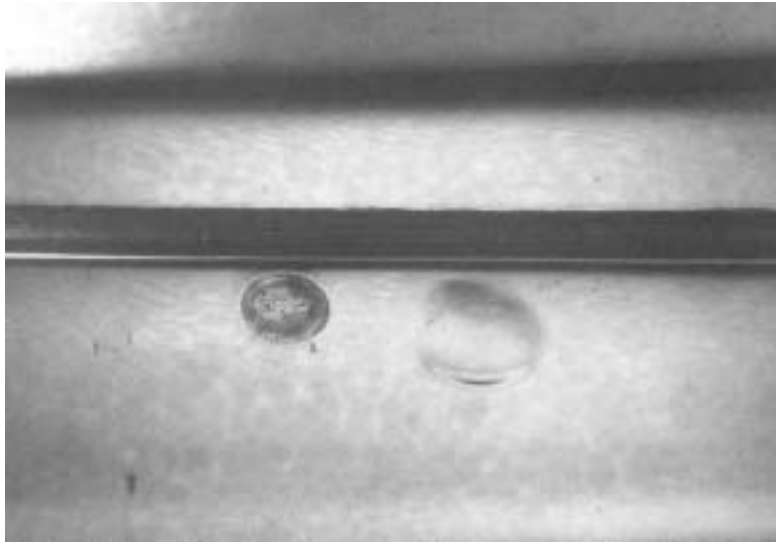
14-2:



15 & (edge Porosity)

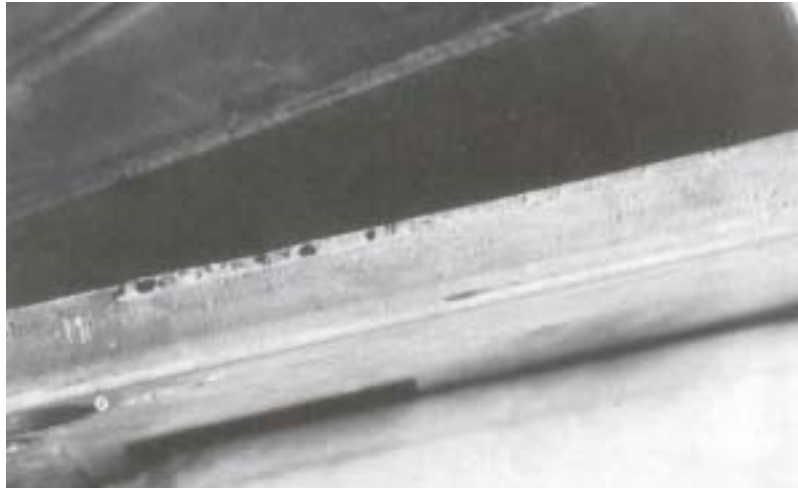
A.

15-1



(15-1:)

15-2 edge porosity



15-2: edge porosity , 가

가 가 가 가 (porous nature)

15-4

-
-
-
-
- 가
- 가
(가 .)
- 가
가 가

1) cold chamber

-
- , , Sticking
- pre-charge
- (intensifier)

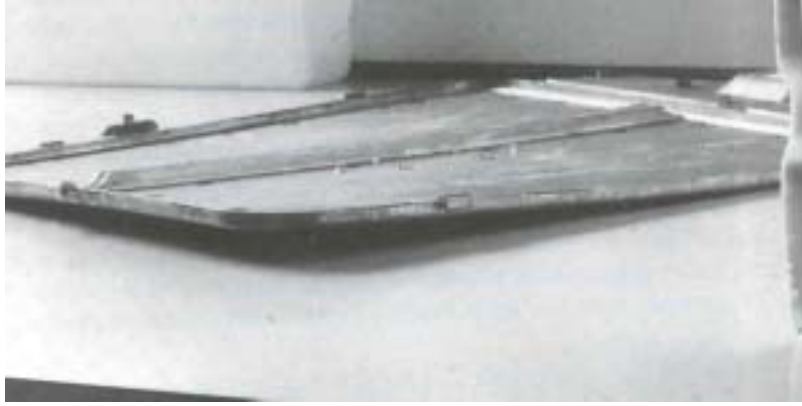
2) Hot chamber

- 가
- 가
- 가
- 가

16 . Bending , Warping

A.

가 . 16-1



16-1

B.

가 가
가 가
가 가
- 가 가 가 가
가) 가 (80% , 20%
- 가 - 가

- (draft allowance) -

- / 가 . R
.

C.

가

가

가

/

.가 (Worn Shoes), worn toggle link,
, 가 .

-
-
-
-
-
-
-
-
-

가

가

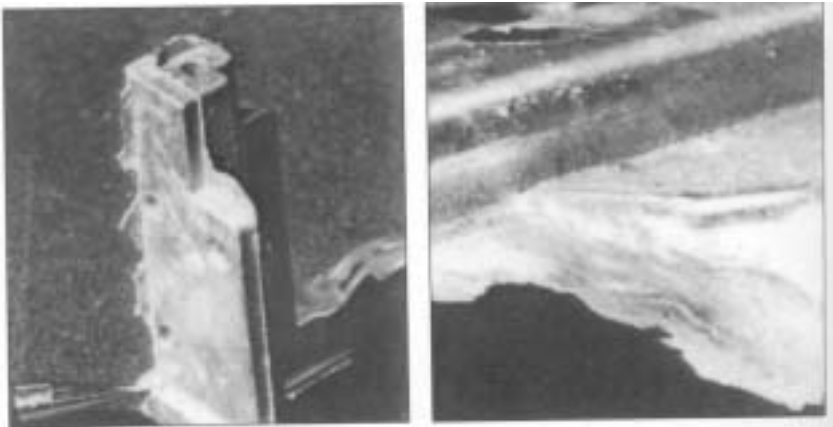
가

Drag

17 FLASH

A.

, , . (17)



(17-1 :)

가
가 가

B.

, , ()
가? 가

C.

: 426 (+/-) 3
: 650 ~ 670
: 650 ~670

가 (,)가
, , ,)가
가
가
가

D. -
(Squaring Block),

-
- * 가
- *
- * Platen
- * 가
- 가 Platen Shoes가
- 가
-

E.
Impact pressure (intensifier pressure) (Static metal pressure)

: (NADCA)

가
가

	Static pressure		Intensified pressure	
	3,000 psi	5,500 psi	8,000 psi	15,000 psi
	2,000 psi	4,000 psi	NADCA	NADCA
	3,000 psi	4,000 psi	8,000 psi	12,000 psi

(17-1 -)

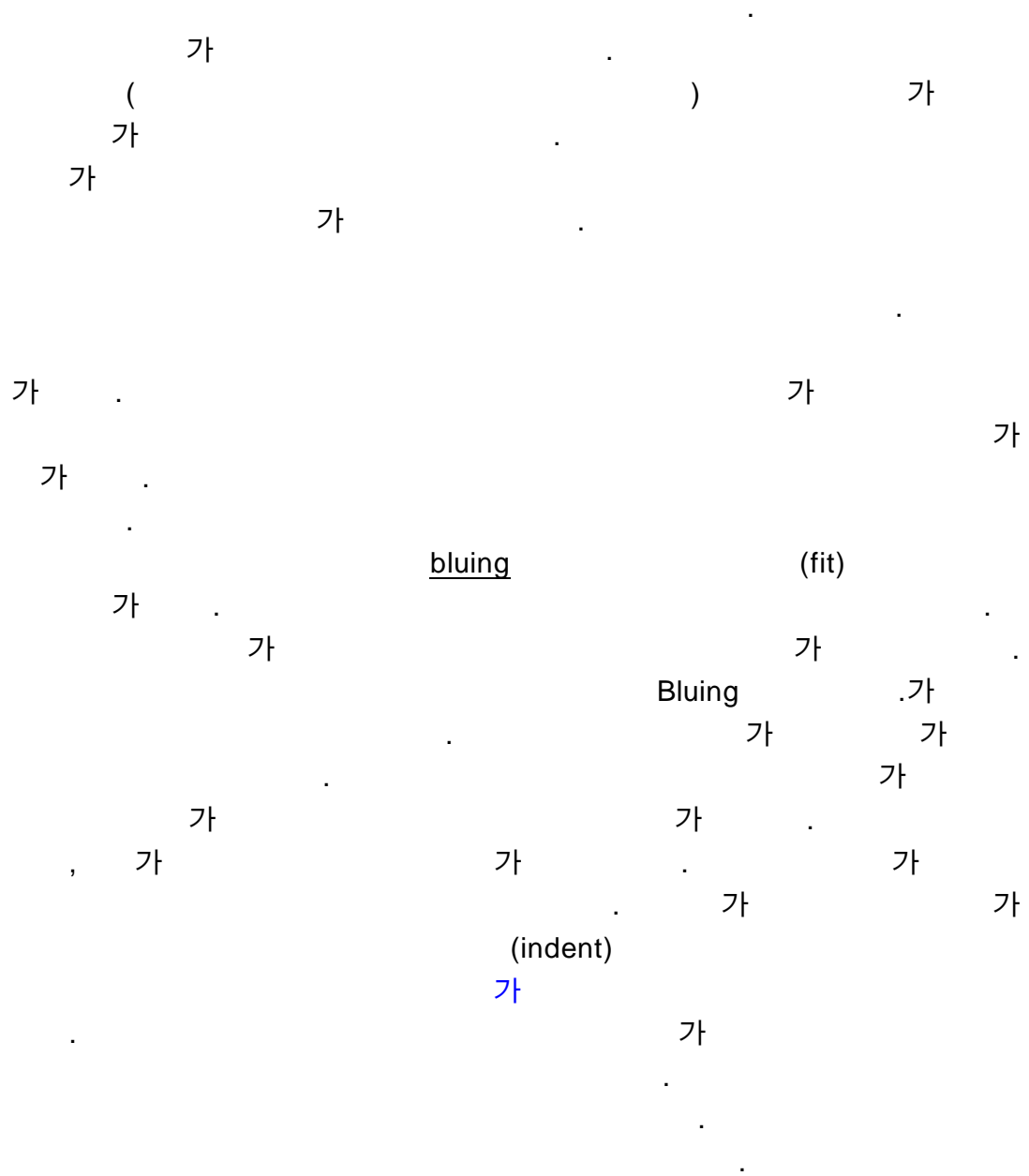
(percent fill)

productive) (it is counter 가
 . Impact spike 가
 가 가
 () , ,
)

(machine setting)

(가
 가 가
 (optional) 가

F. (sealing problem)



18 (stained casting)

A.

18-1

가 .
.



18-1: typical stained casting

가가

가
가
가 .

- ()
- 가 .

- 가 가 .

19 Waves and Lakes

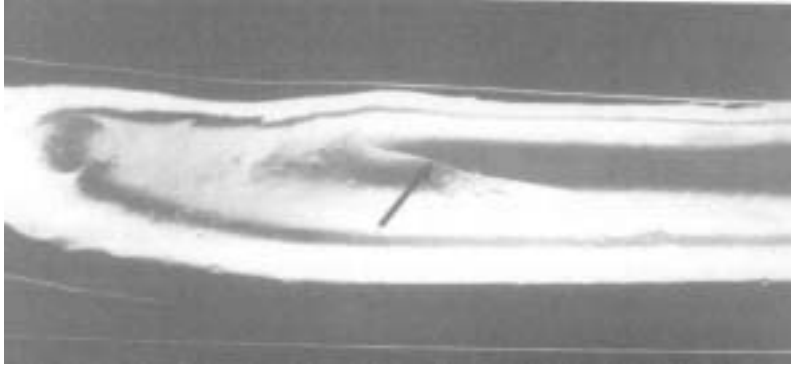
A.

waves & lakes (decorative finishes)

.waves & Lakes

가
waves & lakes

19-1



19-1 :

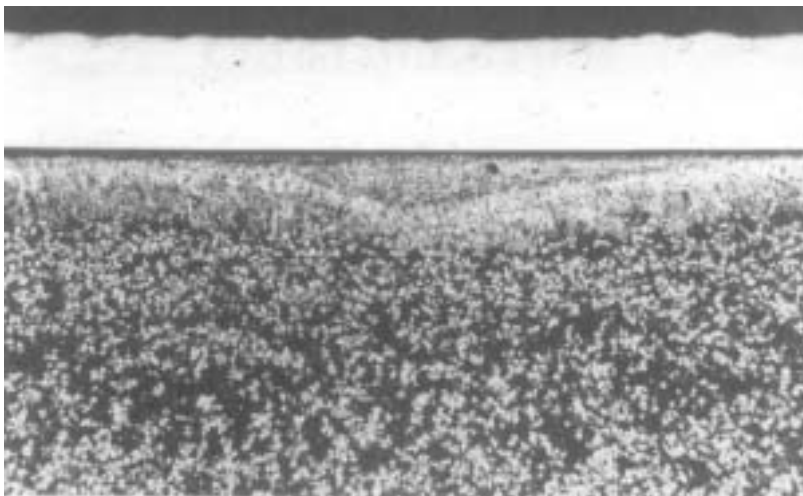
waves & lakes.

waves

가

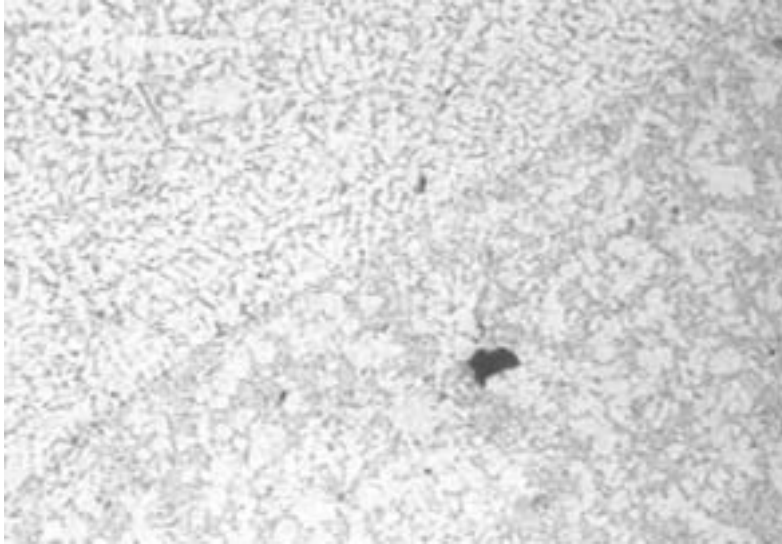
(attach)

가 가 가



19-2 : 19-1
가 squirt 가

19-2 19-3
sanded 가



19-3.

가

가

가

가

splash

(main)
splash

squirt

1. 가 가 가

2. 가 () 가

3. squirt가

4. 가 가

5. 가
(and this initial flow will be accentuated with older and slower accelerating machines)

6. 가 (slow accelerating)

7. (splatter) 가

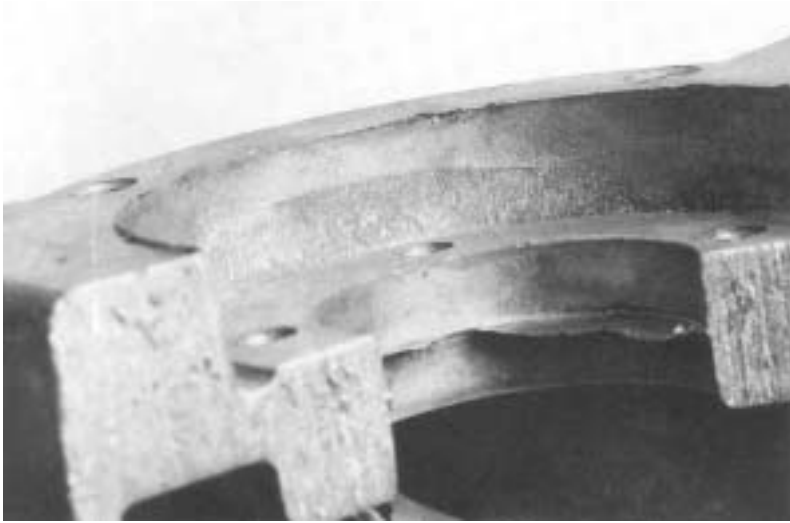
20 . DRAGS

A.

Drag
solder

가
20-1

drag



20-1 drag

- 가 . 가 () .
- 1) . 가
 - 2) .
 - 3) 가
 - 4) 가
 - 5) . 가 가
- 가

21 . Pushed Ejector Pin

A.

:

(NADCA)

21-1



21-1

315

(seize strongly)

가
(push)

가

- I.
- II.
- III.

I

22 . Cold flake

A.

가 (Chipped off) . (skin)

가 . leak

가

2 22-3 . 22-1 22-



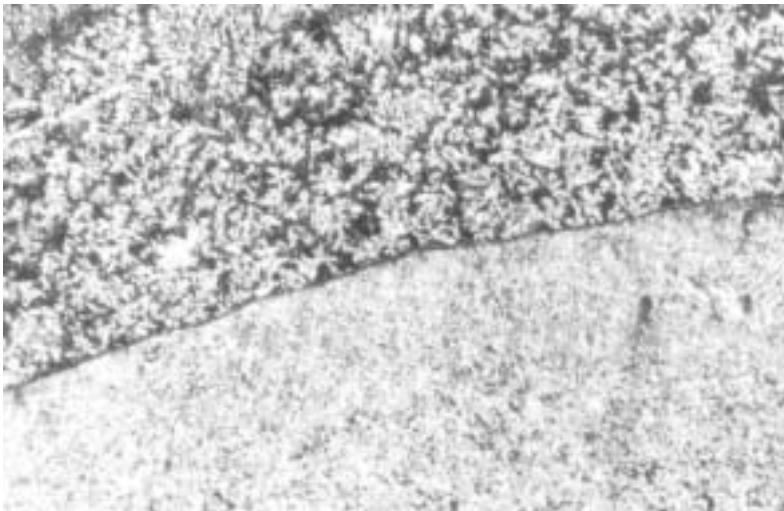
22-1

:

(NADCA)



22-2



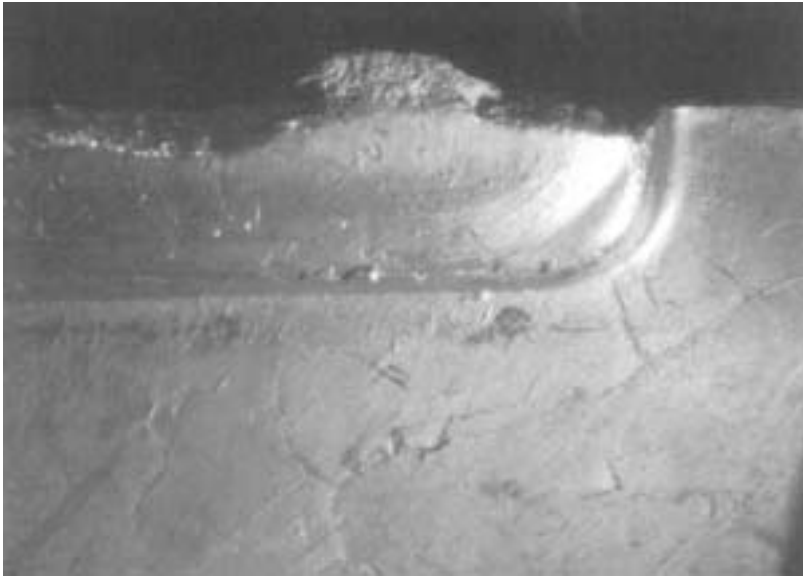
22-3

가

가

가

22-4



(Blocking)

가

가

가

가

가

가

1) 가

가

2) 가

3) 가

erosion

(pour hole)

4) 650

675

5)

가

가

가

6)

가

break off

shear off

7)

가 350

23 . (EXCESSIVE FLUX)

A

가
wind up in the die casting.

가

(Salt)
가

가

가

가

23-1

가

가

(;white crystalline material)

가

B.

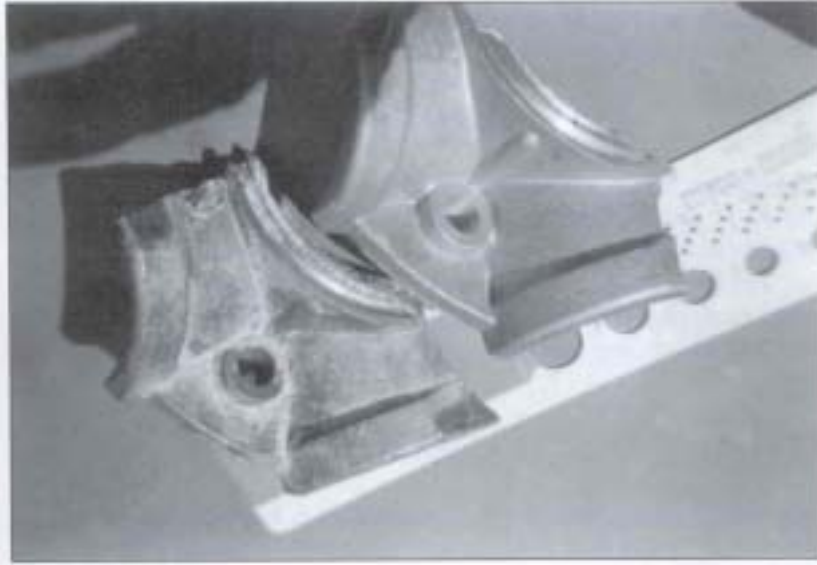
가

가

23-2,

23-3

Fig. 23.1. Identical castings left in city water overnight, one had excess flux and one did not.



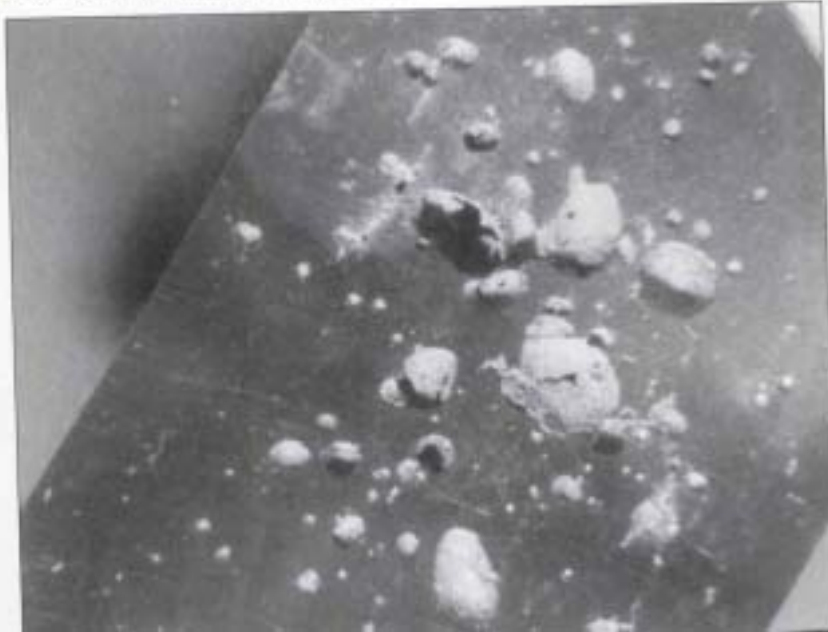
23-1

Fig. 23.2. This shows a white eggshell shape of flux around some shrinkage porosity.



23-2

Fig. 23.3. A 443 alloy casting where the machined surface has exposed many craters or air holes lined with gamma Al₂O₃. Black area in some are shrinkage voids.



23-3

C.

가

가

가

THE END