

## سیمای فصل پنجم

۵ ۱	رابطه فشار درون مایع	} ۵ فشار مذاب روی قالب
۵ ۲	قانون پاسکال	
۵ ۳	رابطه نیروی وارد شده از مذاب به سطوح قالب	
۵ ۳ ۱	نیروی وارد بر کف قالب	
۵ ۳ ۲	نیروی وارد بر جداره اطراف قالب	
۵ ۴	محاسبه نیروی وارد شده بر درجه فوقانی (سطح فوقانی قالب)	
۵ ۴ ۱	نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمستوی قالب	
۵ ۵	رابطه نیروی ارشمیدس (وزن اجسام در سیالات)	
۵ ۵ ۱	حالت‌های مختلف وزن ظاهری	
۵ ۶	محاسبه نیروی مذاب وارد بر ماهیچه و تکیه گاه‌های ماهیچه	
۵ ۷	محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه گذاری روی درجه	

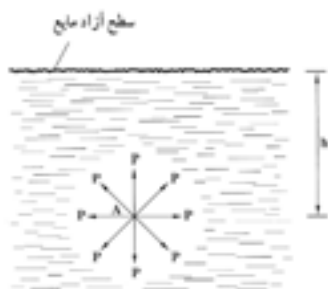
## ۵ فشار مذاب روی قالب :

پوشیدن کامل قالب توسط مذاب برای تولید قطعه ریختگی سالم امری ضروری است. لذا با توجه به اهمیت این مسأله به دست آوردن فشار مذاب روی دیواره‌های قالب بسیار مهم است، و برای به دست آوردن فشار مذاب نیاز به دانستن قوانین هیدرواستاتیک (علم تعادل مایعات) و هیدرودینامیک (علم حرکت مایعات) می‌باشد.

### ۵-۱- رابطه فشار درون مایع :

فشار در هر نقطه از یک مایع برابر است با نسبت وزن ستونی از مایع به ارتفاع  $h$  که در بالای آن نقطه قرار دارد بر واحد سطح قاعده ظرفی که مایع در آن می‌باشد. به عبارت دیگر با توجه به شکل زیر خواهیم داشت.

$$\text{فشار در نقطه } A = \frac{\text{وزن ستون مایع به ارتفاع } h}{\text{سطح قاعده}}$$



وزن مخصوص مایع  $\times$  حجم ستون مایع = وزن ستون مایع

سطح قاعده  $\times$  ارتفاع ستون مایع = حجم ستون مایع

در نتیجه :

وزن مخصوص مایع  $\times$  سطح قاعده  $\times$  ارتفاع ستون مایع = وزن ستون مایع

شکل ۵-۱- فشار درون مایع

با توجه به موارد فوق خواهیم داشت :

$$\text{فشار در نقطه } A = \frac{\text{وزن مخصوص مایع} \times \text{سطح قاعده} \times \text{ارتفاع ستون مایع}}{\text{سطح قاعده}}$$

وزن مخصوص مایع  $\times$  ارتفاع ستون مایع = فشار در نقطه  $A$

$h$  : ارتفاع ستون مایع

$d$  : وزن مخصوص

$p$  : فشار در نقطه  $A$

بنابراین خواهیم داشت :

$$P = hd$$

که واحدهای آنها عبارتند از :

$P$  : فشار بر حسب  $\frac{gf}{cm^2}$

$h$  : ارتفاع بر حسب  $cm$

$d$  : وزن مخصوص بر حسب  $\frac{gf}{cm^3}$

با توجه به رابطه فوق فشار درون مایعات فقط به ارتفاع مایع و وزن مخصوص مایعات بستگی دارد و به عوامل دیگر نظیر شکل ظرف، جنس ظرف و... بستگی ندارد.  
رابطه وزن مخصوص چگالی :

$$d = \rho \times g$$

که در آن :

$\rho$  : چگالی و  $g$  : شتاب ثقل

$$\left. \begin{array}{l} P = \rho \cdot h \cdot d \\ d = \rho \times g \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{P = \rho \cdot g \cdot h}$$

با توجه به این رابطه، فشار درون مایع برابر است با :

که در آن :

$\rho$  : چگالی بر حسب  $\frac{kg}{cm^3}$  در سیستم SI

$g$  : شتاب ثقل بر حسب  $\frac{N}{kg}$

$h$  : ارتفاع ستون مایع بر حسب  $m$

با توجه به موارد فوق واحد فشار برابر خواهد بود با :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

واحد  $P = \rho \times g \times h$

$$\text{واحد } P = \frac{kg}{m^3} \times \frac{N}{kg} \times m$$

$$\text{واحد } \boxed{P = \frac{N}{m^2}}$$

بنابراین واحد فشار در سیستم SI برابر است با  $\frac{N}{m^2}$  می باشد که به اصطلاح به آن پاسکال گفته می شود با Pa

نشان می دهند.

واحدهای دیگر فشار عبارتند از:  $\frac{kgf}{cm^2}$  و  $\frac{gf}{cm^2}$  که واحدهای عملی فشار نامیده می شوند.

روابط تبدیل واحد Pa به  $\frac{kgf}{cm^2}$  و  $\frac{gf}{cm^2}$  به شرح زیر است :

$$1 Pa = 1/0.2 \times 10^5 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$1 Pa = 1/0.2 \times 10^7 \frac{gf}{cm^2}$$

تمرین ۱-۵ یک مخزن آب به ارتفاع ۴۰۰ cm موجود است. مطلوبست محاسبه فشار مایع وارد بر کف مخزن برحسب پاسکال (Pa). (چگالی آب  $1000 \text{ kg/m}^3$  و  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ )  
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱-۵ یک مخزن آب به ارتفاع ۳ m موجود است. مطلوبست محاسبه فشار مایع وارد بر کف مخزن برحسب پاسکال Pa (چگالی آب  $1000 \text{ kg/m}^3$  و  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ )  
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$h = 3 \text{ m}$ $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$ $g = 9.8 \text{ N/kg}$	$P = ? \text{ Pa}$

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقایر داده‌ها و محاسبه

ریاضی

$$p = 3 \times 1000 \times 9.8$$

$$p = 29400 \text{ Pa}$$

تمرین ۲-۵ فشار در نقطه ای از ظرف سربسته محتوی جیوه برابر با  $1000 \text{ Pa}$  می‌باشد، مطلوبست ارتفاع ستون جیوه بالای این نقطه. (چگالی جیوه برابر  $13600000 \text{ g/m}^3$  و  $g = 9.8 \text{ N/kg}$ )  
حل (توسط هنرجو):

مثال ۲-۵ فشار در نقطه ای از ظرف سربسته محتوی جیوه برابر با  $1000 \text{ Pa}$  می‌باشد، مطلوبست ارتفاع ستون جیوه بالای این نقطه. با فرض این‌که چگالی جیوه برابر  $136000 \text{ kg/m}^3$  و  $g = 9.8 \text{ N/kg}$  باشد.  
حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$P_{Hg} = 1000 \text{ Pa}$ $\rho = 136000 \text{ kg/m}^3$ $g = 9.8 \text{ N/kg}$	$h = ?$

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه

ریاضی

$$1000 \quad 13600 \times 9 / 8 \times h$$

$$1000 \quad 133280 \times h$$

مرحله ۴) طرفین تساوی را بر ضرب مجهول (h)

تقسیم می‌کنیم

$$\frac{1000}{133280} = \frac{133280 \times h}{133280}$$

$$h = 7 / 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

تمرین ۳-۵ فشار در یک نقطه درون مایعی ۶۵ Pa است. مطلوبست محاسبه بر حسب  $\text{kgf/cm}^2$  و  $\text{gf/cm}^2$

حل (توسط هنرجو):

مثال ۳-۵ فشار در یک نقطه درون مایعی ۸۰ Pa است. مطلوبست محاسبه فشار بر حسب واحدهای  $\text{kgf/cm}^2$  و  $\text{gf/cm}^2$

حل: مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته‌ها
$P = 80 \text{ Pa}$	$p \text{ ? } \text{kgf/cm}^2$ $p \text{ ? } \text{gf/cm}^2$

مرحله ۲) نوشتن رابطه بین واحدها:

$$1 \text{ pa} = 1 / 0.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ pa} = 1 / 0.2 \times 10^2 \text{ gf/cm}^2$$

مرحله ۳) جای‌گذاری و محاسبه ریاضی:

خواسته اول:

$$\begin{cases} 80 \text{ pa} = 80 \times (1 \text{ pa}) \\ 1 \text{ pa} = 1 / 0.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2 \\ 80 \text{ pa} = 80 \times (1 / 0.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2) \\ 80 \text{ pa} = 80 \times 1 / 0.2 \times 10^5 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

$$80 \text{ pa} = 8 / 16 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$$

خواسته دوم

$$\begin{cases} 80 \text{ pa} = 80 \times (1 \text{ pa}) \\ 1 \text{ pa} = 1 / 0.2 \times 10^2 \text{ gf/cm}^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 80 \text{ pa} & 80 \times (1/0.2 \times 10^2 \text{ gf/cm}^2) \\ 80 \text{ pa} & 80 \times 1/0.2 \times 10^2 \text{ gf/cm}^2 \end{cases}$$

$$80 \text{ pa} \quad 0/816 \text{ gf/cm}^2$$

تمرین ۴-۵ فشار مذاب در نقطه ای از قالب  $85 \text{ kgf/cm}^2$  می باشد. فشار را برحسب پاسکال (Pa) حساب کنید.

حل (توسط هنجرو):

مثال ۴-۵ فشار مذاب در نقطه ای از قالب  $100 \text{ kgf/cm}^2$  است. مطلوبست تعیین فشار برحسب پاسکال.

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده	خواسته
$p \quad 100 \text{ kgf/cm}^2$	$P = (\text{Pa}) ?$

مرحله (۲) نوشتن رابطه بین واحدها:

$$1 \text{ pa} \quad 1/0.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$$

طرفین تساوی را بر  $1/0.2 \times 10^5$  تقسیم می کنیم.

$$\frac{1}{1/0.2 \times 10^5} \text{ pa} \quad \frac{1/0.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2}{1/0.2 \times 10^5}$$

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \frac{1}{1/0.2 \times 10^5} \text{ pa}$$

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \frac{10^5}{1/0.2} \text{ pa}$$

مرحله (۳) محاسبات ریاضی

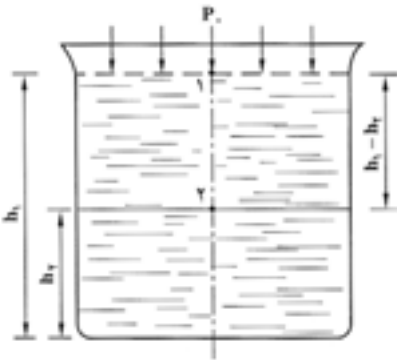
$$\begin{cases} 100 \text{ kgf/cm}^2 & 100 \times \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \\ 1 \text{ kgf/cm}^2 & \frac{10^5}{1/0.2} \text{ pa} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 100 \text{ kgf/cm}^2 & 100 \times \left( \frac{10^5}{1/0.2} \text{ pa} \right) \\ 100 \text{ kgf/cm}^2 & 100 \times \frac{10^5}{1/0.2} \text{ pa} \end{cases}$$

$$100 \text{ kgf/cm}^2 \quad 9803921/57 \text{ pa}$$

## ۲-۵- قانون پاسکال

اگر فشار یک نقطه در درون یک سیال آرام و در حال تعادل مشخص باشد می‌توان فشار نقاط دیگر را با توجه به اختلاف ارتفاع آنها با نقطه ای که فشار آن معلوم است به‌دست آورد. به عنوان مثال در شکل ۲-۵ فشار در نقطه ۲ را می‌توان برحسب اختلاف ارتفاع با نقطه ۱ به‌دست آورد. در نقطه ۱ تنها فشار اتمسفر ( $p_0$ ) وجود دارد. بنابراین براساس قانون پاسکال خواهیم داشت :



$$p_2 = p_0 + \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

که در آن :

$$\rho : \text{چگالی سیال برحسب } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$h_2 - h_1 : \text{اختلاف ارتفاع بین نقاط ۱ و ۲ برحسب } m$$

$$P_0 : \text{فشار هوا وارد بر سطح مایع که همان فشار در نقطه}$$

$$۱ \text{ است } p_1 = p_0$$

شکل ۲-۵- تعیین فشار درون مایع تحت فشار

فشار در نقطه ۲

با توجه به این مسأله فشار هر نقطه داخل سیال برحسب ارتفاع آن از سطح آزاد مایع عبارت است از :

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

که در آن  $h$  فاصله نقطه از سطح مایع است.

در مورد مذاب فشار  $\rho \cdot g \cdot h$  را فشار متالواستاتیک می‌گویند که نشان دهنده فشار در یک نقطه درون مذاب

نسبت به فشار در سطح مذاب است.

فشار در سطح آزاد مذاب برابر  $p_a = p_0$  است.

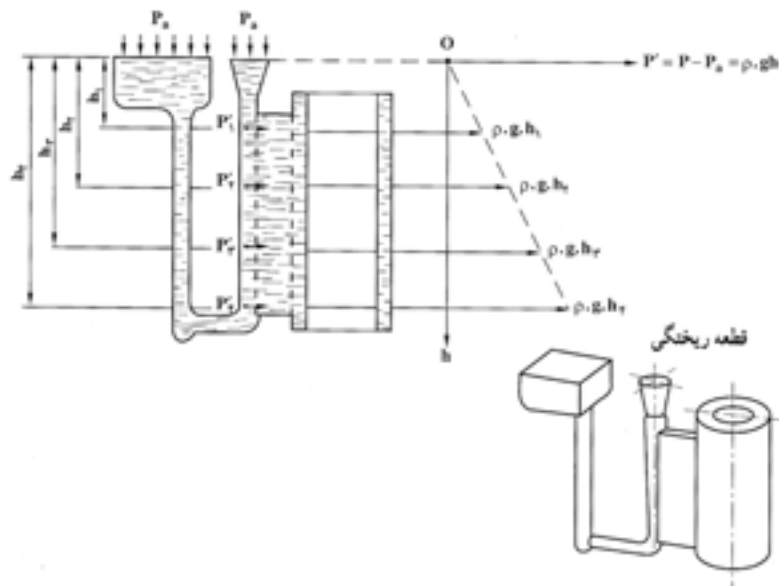
با توجه به این مسأله خواهیم داشت :

$$\left. \begin{matrix} p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \\ p_a = p_0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{matrix} p - p_a = \rho \cdot g \cdot h \\ \rho \cdot g \cdot h = dh \end{matrix} \right. \Rightarrow \boxed{p - p_a = \int \rho \cdot g \cdot dh}$$

در این رابطه  $P$  برابر مجموع فشار متالواستاتیک ( $\rho \cdot g \cdot h$ ) و فشار هوا است که در نهایت فشار مطلق آن نقطه

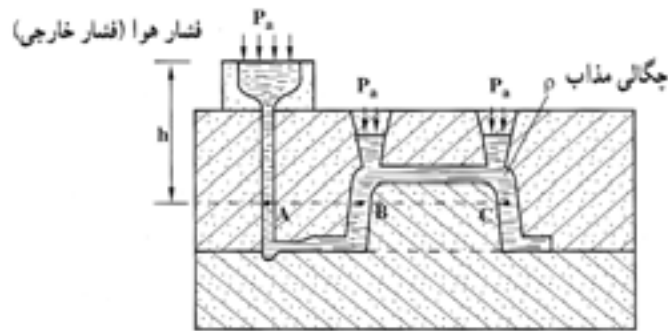
درون مذاب است. با توجه به این رابطه مشخص است که فشار متالواستاتیک رابطه مستقیم با ارتفاع مذاب دارد.

هرچه ارتفاع (عمق) مذاب بیشتر باشد فشار متالواستاتیکی بیشتر است.



شکل ۳-۵- افزایش فشار متالواستاتیکی مذاب بر حسب عمق آن

با توجه به قانون پاسکال داریم : اگر چند ظرف به هم مرتبط باشند و درون آنها سیالی موجود باشد فشار در تمام نقاطی که در یک ارتفاع یکسان قرار دارند، یکسان خواهد بود.



شکل ۴-۵- فشار نقاط واقع بر روی یک سطح افقی قالب

$$P_A \quad P_B \quad P_C \quad P_a + \rho.g.h$$

از طرفی فشار در هر نقطه مایع برابر است با فاصله آن تا سطح آزاد مایع (h) ضربدر چگالی مایع ضربدر شتاب ثقل به علاوه فشار خارجی که بر مایع اعمال می‌شود.

$$P \quad P_a + \rho.g.h$$

نکته : اگر در یک نقطه درون سیال آرام و غیرقابل تراکم (مانند آب و روغن و...) فشار افزایش یابد، افزایش فشار بدون هیچ تغییری به تمام نقاط مایع و همه نقاط ظرف نگهدارنده مایع، منتقل می‌شود. به عنوان مثال در ریخته‌گری تحت فشار با اعمال فشار به یک نقطه مذاب، فشار به‌طور یکسان به همه نقاط مذاب و دیواره قالب



وارد می‌شود. بنابراین با توجه به موارد فوق می‌توان فشار وارد بر دیواره قالب را به دست آورد. البته فشار وارد شده از طرف مذاب بر سطوح داخلی قالب همواره برابر فشار نسبی است.

### ۳-۵- رابطه نیروی وارد شده از مذاب به سطوح قالب :

مطابق تعریف فشار برابر است با نیروی وارد بر واحد سطح معین. (مثلاً سطوح و دیواره‌های قالب) رابطه فشار

عبارت است :

$$P = \frac{f(\text{نیروی})}{A(\text{سطح})} \Rightarrow \frac{P}{1} = \frac{f}{A} \quad \text{طرفین و وسطین} \quad \rightarrow f \times 1 \quad P \times A \Rightarrow f = P \times A$$

با توجه به رابطه فشار نسبی در درون مایع خواهیم داشت :

$$\left. \begin{array}{l} \text{فشار نسبی درون مایع } P \\ \rho \cdot g \cdot h \\ f \\ PA \end{array} \right\} \Rightarrow f = \rho \cdot g \cdot h \cdot A \quad \text{نیروی وارد بر سطح قالب}$$

که در آن :

$\rho$  : چگالی مذاب بر حسب  $\text{kg/m}^3$

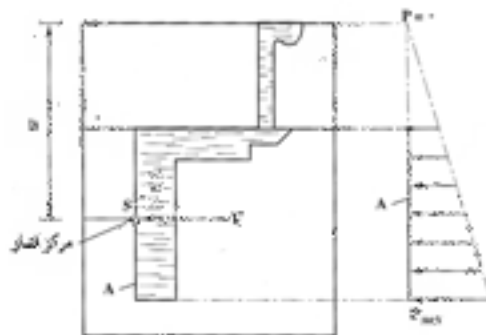
$g$  : شتاب ثقل زمین ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$h$  : ارتفاع مرکز فشار واقع بر سطح  $A$  تا سطح آزاد مذاب بر حسب  $m$

$A$  : سطح مورد نظر قالب بر حسب  $m^2$

لازم به ذکر است که نیروی  $f$  عمود بر سطح  $A$  است و جهت آن از طرف مذاب به دیواره است که مطابق قانون عمل و عکس العمل نیوتن این نیرو برابر با نیرویی است که از طرف دیواره به مذاب وارد می‌شود. بنابراین این دو نیرو همدیگر را خنثی خواهند کرد. شکل ۵-۵ نیروی وارد بر یک سطح قائم را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشخص می‌شود که کمترین فشار نسبی مربوط به سطح آزاد مذاب است که در آنجا  $h = 0$  است.

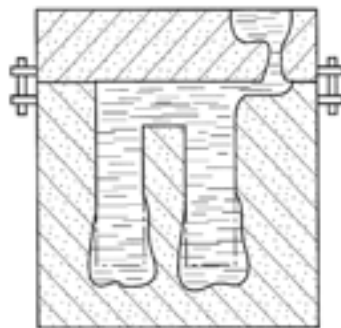
بنابراین مطابق رابطه  $P = \rho \cdot g \cdot h$  ، فشار برابر صفر است، و بیشترین فشار را در کف قالب خواهیم داشت که  $h$  بیشترین مقدار را دارد. نقطه  $S$  که عبارت است از مرکز فشار که در وسط سطح  $A$  قرار می‌گیرد، به شرطی که سطح  $A$  دارای مرکز تقارن باشد.



شکل ۵-۵- نیروی وارد از طرف مذاب بر دیواره قائم قالب

با توجه به این مسأله واضح است که نیروهای وارد بر جداره‌ها و سطوح قالب، باعث بزرگ شدن حجم قالب (بخصوص در نقاط عمیق) و بلند شدن و ایجاد گشتاور در درجه فوقانی می‌شوند. که این مسأله در مورد فلزات و آلیاژهایی با چگالی بالاتر، بیشتر مشکل ساز است.

معمولاً در مورد سطوح صاف و مستوی که به موازات سطح آزاد هستند نقطه اثر نیرو را مرکز ثقل آن سطح در نظر می‌گیرند. اما به‌طور کلی نقطه اثر نیروها بستگی به شکل و شیب جداره قالب دارد، همان‌طوری که در شکل ۵-۶ دیده می‌شود، با توجه به این که ارتفاع قطعه زیاد است در نتیجه نیروهای وارد از طرف مذاب به دیواره قالب فزایش یافته که این امر سبب افزایش حجم قالب گردیده است.



شکل ۵-۶

نیروهای وارد بر سطوح قالب را می‌توان در حالات مختلف تعیین نمود که عبارتند از :

### ۱-۳-۵- نیروی وارد بر کف قالب :

نیروی مذاب وارد بر کف قالب شکل ۵-۷ را می‌توان با توجه به رابطه  $f = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$  به دست آورد که در آن :

$f$  : نیروی مذاب وارد بر کف قالب  $N$

$A$  : سطح کف قالب ( $m^2$ )

$h$  : ارتفاع کف قالب تا سطح آزاد مذاب بر حسب  $m$

$\rho$  : چگالی مذاب  $\frac{kg}{m^3}$

$g$  : شتاب ثقل



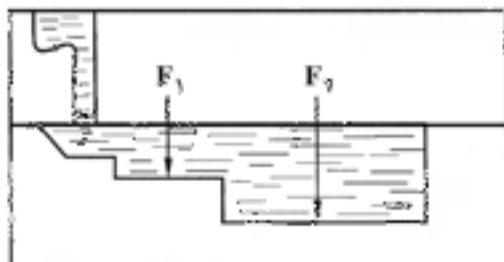
شکل ۵-۷

در صورتی که کف قالب از چند سطح تشکیل شده باشد مانند شکل ۵-۸ از سطح  $A_1, A_2, A_3, \dots$  تشکیل شده باشد نیروی وارد بر سطح قالب عبارت است از مجموع نیروهای وارد شده بر هر سطح.

$$f = f_1 + f_p + \dots$$

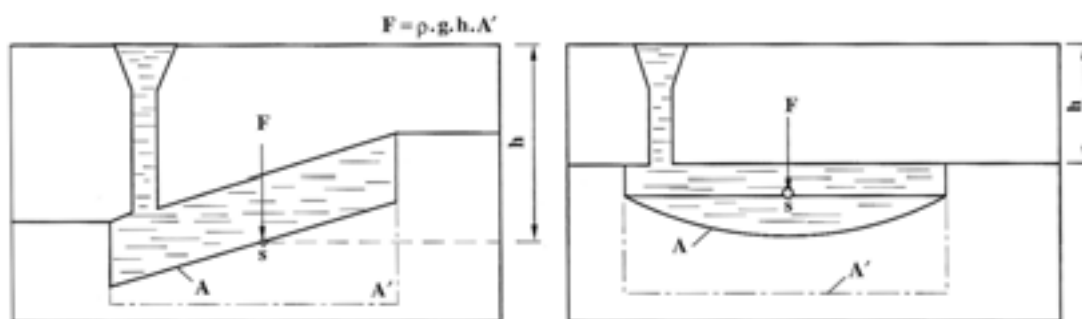
$$f_1 = \rho g h_1 A_1$$

$$f_p = \rho g h_p A_p$$



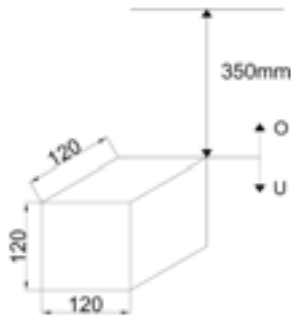
شکل ۵-۸

در مورد سطوح خمیده و شیب‌دار مانند شکل ۵-۹، برای به‌دست آوردن نیروی وارد بر کف قالب از رابطه  $f = \rho g h A'$  استفاده می‌شود که  $A'$  تصویر سطح کف قالب بر روی سطح افقی است، که این سطح معمولاً از سطوح خمیده و شیب‌دار کوچکتر است.



شکل ۵-۹

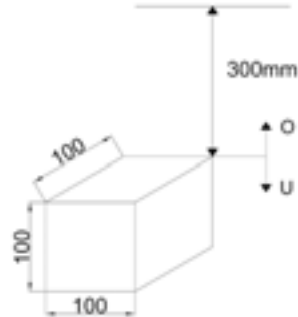
تمرین ۵-۵ با توجه به قطعه زیر نیروی وارد از طرف مذاب بر کف قالب را تعیین کنید. در صورتی که چگالی مذاب  $7800000 \frac{g}{m^3}$  و ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب  $350 \text{ mm}$  باشد  $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ .



شکل ۵-۱۱

حل (توسط هنرجو):

مثال ۵-۵ مطلوب است تعیین نیروی وارد از طرف مذاب بر کف قالب در قطعه زیر، در صورتی که چگالی مذاب  $7800 \frac{kg}{m^3}$  و ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب برابر  $300 \text{ mm}$  است  $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ .



شکل ۵-۱۰

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$\rho = 7800 \frac{kg}{m^3}$ $H = 300 \text{ mm}$ $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ارتفاع قطعه = $100 \text{ mm}$	$F = ?$

مرحله (۲) محاسبه سطح کف قالب

$$A = 100 \times 100 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$A = 10000 \times \left( \frac{1}{10000} \text{ m}^2 \right) \Rightarrow \boxed{A = 1 \text{ m}^2}$$

مرحله (۳) محاسبه ارتفاع کف قالب تا سطح آزاد مذاب

مذاب

$$h = H + \text{ارتفاع قطعه} = 300 + 100 = 400 \text{ mm}$$

$$h = 400 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h = 0.4 \text{ m}}$$

مرحله (۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر کف قالب

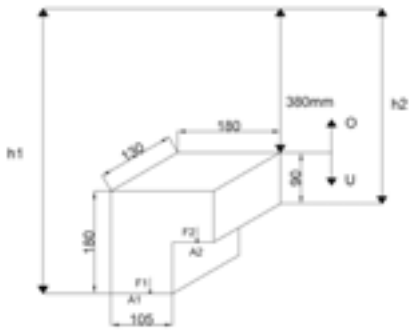
$$F = \rho ghA$$

مرحله (۵) جای‌گذاری داده‌ها در رابطه و محاسبه

ریاضی

$$F = 7800 \times 10 \times 0 / 4 \times 0 / 1 \Rightarrow \boxed{F = 3 / 2N}$$

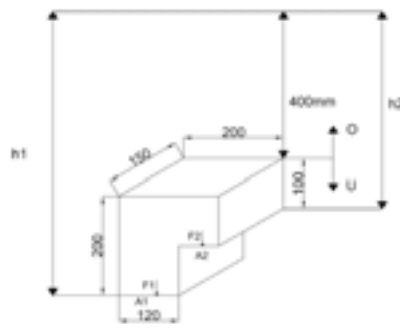
تمرین ۵-۶ با توجه به قطعه زیر نیروی وارد بر کف قالب از طرف مذاب را محاسبه نمایید. چگالی مذاب  $8500 \text{ kg/m}^3$  و ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب  $380 \text{ mm}$  می باشد  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$



شکل ۵-۱۳

حل (توسط هنرجو):

مثال ۵-۶ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر کف قالب از طرف مذاب در قطعه زیر، در صورتی که چگالی مذاب  $8500 \text{ kg/m}^3$  و ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب برابر  $400 \text{ mm}$  است  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$



شکل ۵-۱۲

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$\rho = 8500 \text{ kg/m}^3$	
$H = 400 \text{ mm}$	$F = ?$
$g = 10 \text{ m/s}^2$	

مرحله (۲) به دست آوردن سطح کف قالب

$$A_1 = 120 \times 150 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 18000 \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A_1 = 0.18 \text{ m}^2}$$

$$A_2 = 80 \times 150 = 12000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 12000 \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A_2 = 0.12 \text{ m}^2}$$

مرحله (۳) به دست آوردن ارتفاع سطوح  $A_1$  و  $A_2$  از

سطح آزاد مذاب

$$h_1 = H + 200 = 400 + 200 = 600 \text{ mm}$$

$$h_1 = 600 \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h_1 = 0.6 \text{ m}}$$

$$h_p = H + 100 = 400 + 100 = 500 \text{ mm}$$

$$h_p = 500 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h_p = 0.5 \text{ m}}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر کف قالب

$$F = F_1 + F_p$$

$$F = \rho g h_1 A_1 + \rho g h_p A_p$$

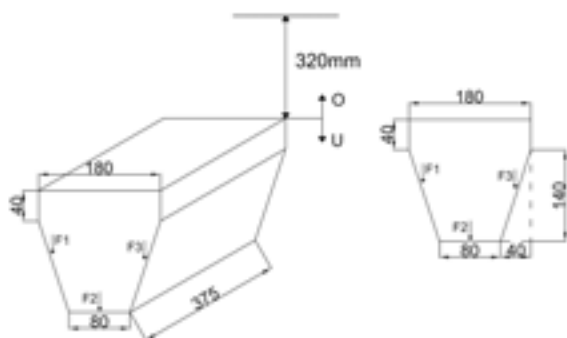
مرحله ۵) جای گذاری مقادیر داده ها و محاسبات

ریاضی

$$F = (8500 \times 10 \times 0.6 \times 0.015) + (8500 \times 10 \times 0.5 \times 0.012)$$

$$F = 765 + 510 \Rightarrow \boxed{F = 1275 \text{ N}}$$

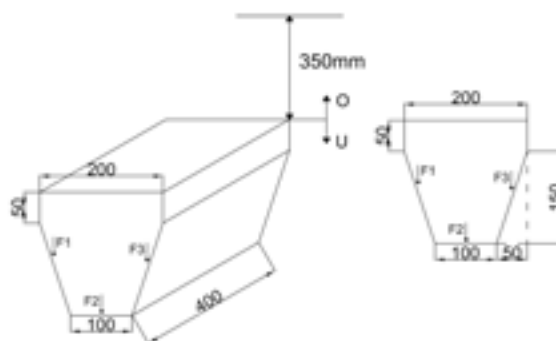
تمرین ۷-۵ شکل زیر یک قطعه ریختگی از نوع چدن نشکن را نشان می دهد که چگالی آن  $6700 \text{ kg/m}^3$  می باشد نیروی وارد بر کف قالب را محاسبه کنید. ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب برابر  $320 \text{ mm}$  می باشد ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



شکل ۵-۱۵

حل (توسط هنرجو):

مثال ۷-۵ شکل زیر یک قطعه ریختگی از نوع چدن داکتیل را نشان می دهد که چگالی آن  $6800 \text{ kg/m}^3$  است. مطلوبست تعیین نیروی وارد بر کف قالب. ارتفاع سطح جدایش تا سطح آزاد مذاب برابر  $350 \text{ mm}$  است ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



شکل ۵-۱۴

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$\rho = 6800 \text{ kg/m}^3$ $H = 350 \text{ mm}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$	F- ؟

مرحله (۲) به دست آوردن سطح کف قالب:

$$A_1 = 100 \times 400 = 40000 \text{ mm}^2$$

مستوی

$$A_1 = 40000 \times \left(\frac{1}{10000}\right) \Rightarrow A_1 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$A_p = 50 \times 400 = 20000 \text{ mm}^2$$

یکی از قسمت‌های یک سطح شیب‌دار

$$A_p = 20000 \times \left(\frac{1}{10000}\right) \Rightarrow A_p = 0.02 \text{ m}^2$$

$$A_s = A_1 = 0.04 \text{ m}^2$$

مرحله (۳) به دست آوردن ارتفاع کف قالب تا سطح

آزاد مذاب

$$h_1 = H + \text{ارتفاع قطعه} = 100 + 100 = 200 \text{ mm}$$

قسمت مستوی

$$h_1 = 200 \times \left(\frac{1}{10000}\right) \Rightarrow h_1 = 0.02 \text{ m}$$

در قسمت شیب‌دار

$$h_p = H + 50 + \frac{50}{2} = 100 + 50 + 25 = 175 \text{ mm}$$

$$h_p = 175 \times \left(\frac{1}{10000}\right) \Rightarrow h_p = 0.0175 \text{ m}$$

مرحله (۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر کف قالب



$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F = \rho g h_1 A_1 + \rho g h_2 A_2 + \rho g h_3 A_3$$

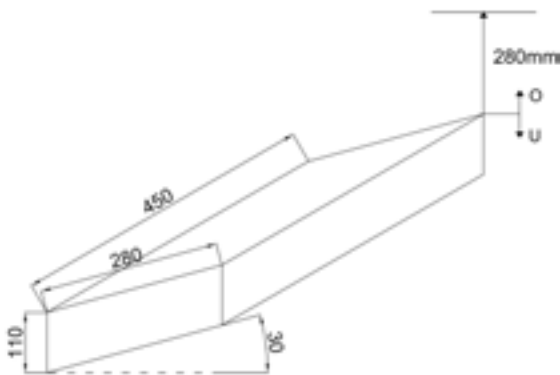
مرحله ۵) جای گذاری مقادیر معلوم در رابطه و

محاسبات ریاضی:

$$F = 6800 \times 10 \times 0 / 2 \times 0 / 04 + 6800 \times 10 \times 0 / 175 \times 0 / 02 + 6800 \times 0 / 175 \times 0 / 02 \times 10 =$$

$$F = 544 + 238 + 238 \Rightarrow \boxed{F = 1020N}$$

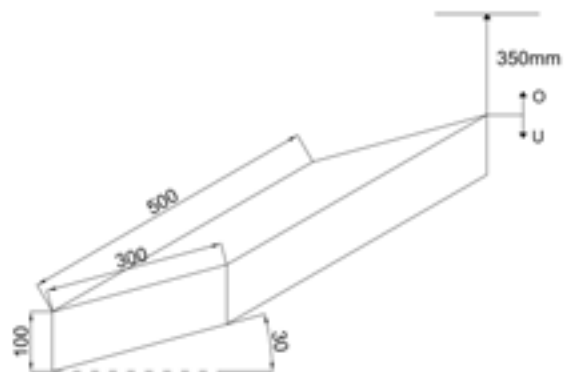
تمرین ۵-۸ نیروی وارد بر کف قالب از طرف مذاب چدن برای ریخته‌گری قطعه ای به شکل زیر، چگالی مذاب  $6900 \text{ kg/m}^3$  و ارتفاع سطح جدایش سمت راست قطعه تا سطح آزاد مذاب  $380 \text{ mm}$  است.  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$



شکل ۵-۱۷

حل (توسط هنجرو):

مثال ۵-۸ مطلوب است محاسبه نیروی وارد بر کف قالب از طرف مذاب چدن، برای ریخته‌گری قطعه‌ای به شکل زیر، چگالی مذاب  $7000 \text{ kg/m}^3$ ، ارتفاع سطح جدایش سمت راست قطعه تا سطح آزاد مذاب  $300 \text{ mm}$  و  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$



شکل ۵-۱۶

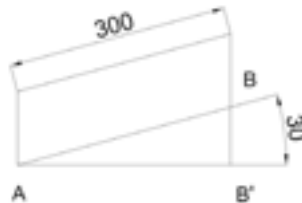


حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$\rho' = 7000 \text{ kg/m}^3$ $H = 300 \text{ mm}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$	$F_B$ ?

مرحله (۲) به‌دست آوردن تصویر کف قالب



شکل ۱-۱۶-۵

ابتدا باید تصویر ضلع AB را به‌دست آوریم و با توجه به

روابط مثلثاتی داریم:

$$\cos \alpha = \frac{AB'}{AB} \Rightarrow \cos 30^\circ = \frac{AB'}{300}$$

$$\Rightarrow AB' \times 1 = \cos 30^\circ \times 300 \Rightarrow AB' = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 300 \Rightarrow \boxed{AB' = 259.8 \text{ mm}}$$

$$AB' = 259.8 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{AB' = 0.2598 \text{ m}}$$

$$\text{طول کف قالب} = 500 \text{ mm} = 500 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.5 \text{ m}$$

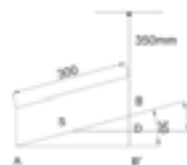
با توجه به این که تصویر به شکل مستطیل است مساحت

آن برابر است با:

$$A' = 0.5 \text{ m} \times 0.2598 \text{ m} \Rightarrow \boxed{A' = 0.1299 \text{ m}^2}$$

مرحله (۳) به‌دست آوردن h، ارتفاع مرکز کف قالب

از سطح آزاد مذاب



شکل ۲-۱۶-۵

با توجه به شکل داریم

$$h = H + BC + BD$$

$$(H = 300, BC = 100)$$

BD با توجه به مثلث SBD به دست می‌آید

$$\frac{\sin \alpha}{1} \frac{BD}{SB} \Rightarrow BD \times 1 = SB \times \sin \alpha$$

مقدار SB را حساب می‌کنیم

$$SB = \frac{AB}{\sin \alpha} = \frac{300}{\sin 30^\circ} \Rightarrow \boxed{SB = 600 \text{ mm}}$$

$$BD = SB \times \sin 30^\circ = 600 \times 0.5 \Rightarrow \boxed{BD = 300 \text{ mm}}$$

$$h = 300 + 100 + 300 = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h = 0.7 \text{ m}}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر کف قالب :

$$F = \rho g h A'$$

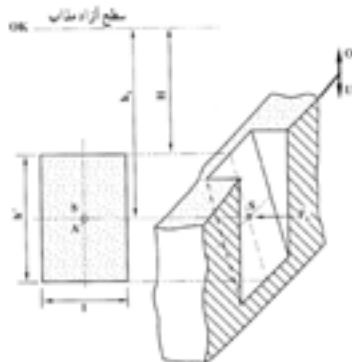
مرحله ۵) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه و محاسبه

ریاضی

$$F = 1000 \times 10 \times 0.7 \times 1.259 \Rightarrow \boxed{F = 8813 \text{ N}}$$

### ۲-۳-۵- نیروی و ارد بر جداره اطراف قالب :

با توجه به شکل ۵-۱۸ برای به‌دست آوردن نیرو در دیواره جانبی باید نقطه اثر نیرو یا مرکز تقارن سطح را به‌دست آوریم و با توجه به این که سطح شیب‌دار است، باید تصویر سطح را بر روی سطح عمودی به‌دست آوریم تا بتوانیم از رابطه  $F_s = \rho g h_s . A'$  ، نیرو را به‌دست آوریم.



شکل ۵-۱۸

همان طوری که از شکل مشخص است مرکز ثقل دیواره قالب با S مشخص شده است که ارتفاع آن  $h_s$  می باشد،  
 ز طرف دیگر مساحت تصویر سطح بر روی سطح عمودی با  $A'$  نمایش داده شده است که برابر است با :

$$h_s \left( \text{ارتفاع تصویر دایره بر سطح عمودی} \right) + \frac{h'}{p} \left( \text{ارتفاع سطح آزاد مذاب تا ابتدای دیواره} \right)$$

$$A' \quad I' \left( \text{عرض تصویر دیواره بر سطح عمودی} \right) \times h' \left( \text{ارتفاع تصویر دیواره بر سطح عمودی} \right)$$

$$F_s = \rho \cdot g \cdot h_s \cdot A'$$

بنابراین

که در آن :

$F_s$  : نیروی وارد بر نقطه اثر S دیواره

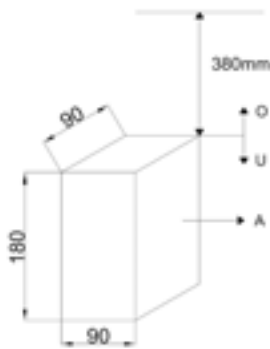
$h_s$  : ارتفاع نقطه اثر S تا سطح آزاد مذاب

$A'$  : مساحت تصویر دیواره بر روی سطح عمودی

$\rho'$  : چگالی مذاب بر حسب  $\text{kg/m}^3$

$g$  : شتاب ثقل  $\text{m/s}^2$

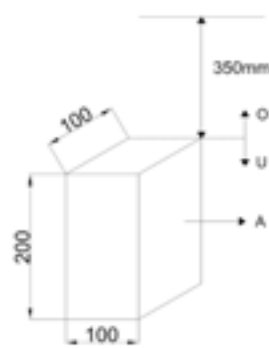
تمرین ۹-۵ مطلوبست تعیین نیروی وارد از طرف  
 مذاب برنج با چگالی  $8100 \text{ kg/m}^3$  بر جداره مستطیل  
 A قالب قطعه زیری. ارتفاع سطح جدایش از سطح آزاد  
 مذاب  $380 \text{ mm}$  و  $10 \text{ m/s}^2$   $g$  می باشد.



شکل ۲۰-۵

حل (توسط هنرجو):

مثال ۹-۵ مطلوبست تعیین نیروی وارد از طرف  
 مذاب برنج با چگالی  $8000 \text{ kg/m}^3$  بر جداره مستطیل  
 شکل A قالب قطعه زیری. ارتفاع سطح جدایش از  
 سطح آزاد مذاب  $350 \text{ mm}$  می باشد ( $10 \text{ m/s}^2$   $g$ )

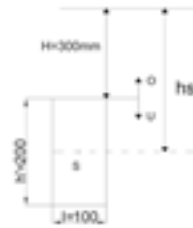


شکل ۱۹-۵

حل: مرحله (۱) داده ها و خواسته ها :

داده ها	خواسته
$\rho' = 8000 \text{ kg/m}^3$	$F_s$ ?
$g = 10 \text{ m/s}^2$	
$H = 350 \text{ mm}$	

مرحله (۲) مشخص کردن ارتفاع مؤثر



شکل ۱-۱۹-۵

با توجه به شکل مشخص است که ارتفاع نقطه S تا سطح

جدایش برابر ۱۰۰ است. بنابراین خواهیم داشت :

$$h_s = H + \frac{h'}{2} = 350 + 100 = 450 \text{ mm}$$

$$h_s = 450 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h_s = 0.45 \text{ m}}$$

مرحله ۳) مشخص کردن سطح جداره :

با توجه به این که جداره مستطیل شکل است خواهیم

داشت :

$$A' = h' \times I \Rightarrow A' = 100 \times 200 = 20000 \text{ mm}^2$$

$$A' = 20000 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A' = 0.02 \text{ m}^2}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر جداره قالب

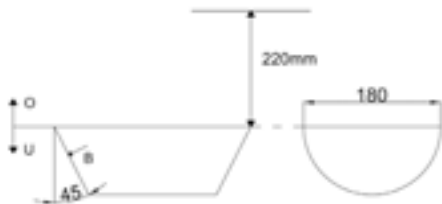
$$F_s = \rho g h_s \cdot A' = 8000 \times 10 \times 0.02 \times 0.45 \Rightarrow \boxed{F_s = 720 \text{ N}}$$

تمرین ۱۰-۵ مطلوبست تعیین نیروی وارد از طرف

فولاد مذاب با چگالی  $7600 \text{ kg/m}^3$  بر جداره قالب

B قطعه زیر. ارتفاع سطح جدایش از سطح آزاد مذاب

۲۲۰ mm می باشد  $(g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } \pi = 3)$



شکل ۲۲-۵

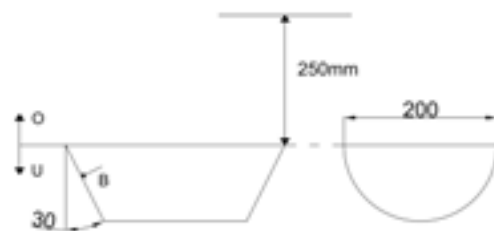
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۰-۵ مطلوبست تعیین نیروی وارد از طرف

فولاد مذاب با چگالی  $7800 \text{ kg/m}^3$  بر جداره قالب

B قطعه زیر. ارتفاع سطح جدایش از سطح آزاد مذاب

۲۵۰ mm  $(g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } \pi = 3)$

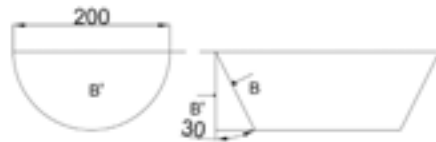


شکل ۲۱-۵

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها :

داده‌ها	خواسته
$H = 250 \text{ mm}$ $\rho' = 7800 \text{ kg/m}^3$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $\pi = 3$	$F_s ?$

مرحله (۲) به دست آوردن سطح جداره



شکل ۱-۲۱-۵

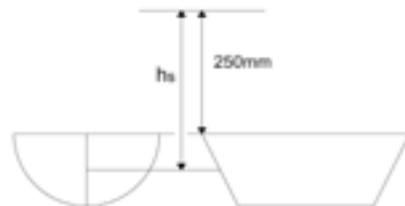
با توجه به این که شکل نیم استوانه ای است، تصویر  
 سطح B روی سطح عمودی B' است که برای سطح نیم  
 دایره به قطر 200 mm.

$$d = 200 \text{ mm} = 200 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{d = 0.2 \text{ m}}$$

سطح B' =

$$= \frac{1}{2} \pi d^2 = \frac{3 \times (0.2)^2}{4} \Rightarrow \boxed{B' = \frac{0.03}{2} \text{ m}^2 = 0.015}$$

مرحله (۳) به دست آوردن ارتفاع  $h_s$  :



شکل ۲-۲۱-۵

$$h_s = H + \frac{\text{شعاع نیم دایره}}{r} = ۲۵۰ + \frac{۱۰۰}{۲} \Rightarrow \boxed{h_s = ۳۰۰ \text{ mm}}$$

$$h_s = ۳۰۰ \times \left( \frac{1}{۱۰۰۰} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h_s = ۰ / ۳ \text{ m}}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر جداره

$$F_s = \rho' g h_s B'$$

مرحله ۵) جای‌گذاری مقادیر معلوم در رابطه و

محاسبه ریاضی

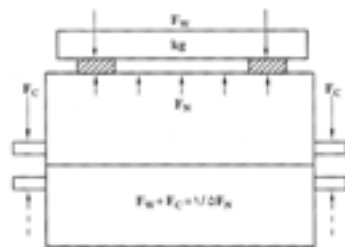
$$F_s = ۷۸۰۰ \times ۱۰ \times ۰ / ۳ \times ۰ / ۰۱۵ \Rightarrow \boxed{F_s = ۳۵۱ \text{ N}}$$

لازم به ذکر است نیروهای وارد بر کف و دیواره‌های قالب به علت استحکام و فشردگی ماسه خنثی می‌شوند و در صورتی که قالب به اندازه کافی فشرده نباشد، دیواره، نمی‌تواند در برابر نیروهای وارد شده مقاومت نماید، در نتیجه این نیروها سبب تغییر شکل قالب و دیواره می‌شود که این عمل را باد کردن قالب می‌نامند. از طرف دیگر فشردگی زیاد ماسه سبب می‌شود که گازهای موجود در قالب به راحتی از قالب خارج نشده و در نتیجه در یک نقطه از قالب جمع شوند که این خود سبب می‌شود مذاب آن قسمت را پر نکرده و قطعه معیوب شود، برای این منظور علاوه بر فشردگی کافی، ماسه باید منافذ و کانال‌های هوا به دقت ایجاد شود.

#### ۴-۵- محاسبه نیروی وارد شده بر درجه فوقانی (سطح فوقانی قالب)

نیروهای متالواستاتیکی وارد شده از مذاب به دیواره‌های قالب علاوه بر کف و دیواره‌های جانبی به سطح فوقانی قالب نیز وارد می‌شود و در صورتی که بیشتر از وزن قالب رویی باشد سبب بلند شدن قالب و خروج مذاب از دو نیمه قالب و ایجاد عیوب در قطعه و خطرات دیگر می‌شود. لذا باید درجه‌ها کاملاً به یکدیگر جفت شده و با استفاده از پیچ و مهره‌ها و حتی وزنه از بلند شدن قالب رویی جلوگیری نمود. به‌طور کلی برای این منظور باید مجموع وزن ماسه موجود در قالب رویی به همراه وزنه‌های قرار داده شده روی آن حداقل ۱/۵ برابر نیروی بالا برنده باشد که در این جا نیروی بالا برنده فقط نیروی وارد بر سطح فوقانی مذاب در نظر گرفته شده است، البته نیروهای وارد بر تکیه گاه‌های ماهیچه که نقش مهمی در نیروی بالا برنده دارند در قسمت‌های بعدی بحث خواهد شد. بنابراین با

توجه به شکل ۲۳-۵ کتاب خواهیم داشت :



شکل ۲۳-۵

$$f_w + F_C \quad 1/\Delta F_N \rightarrow \boxed{F_w \quad 1/\Delta F_N \quad F_C}$$

که در آن :

$f_w$  : اندازه وزنه لازم روی درجه

$f_c$  : وزن درجه فوقانی و محتوای آن

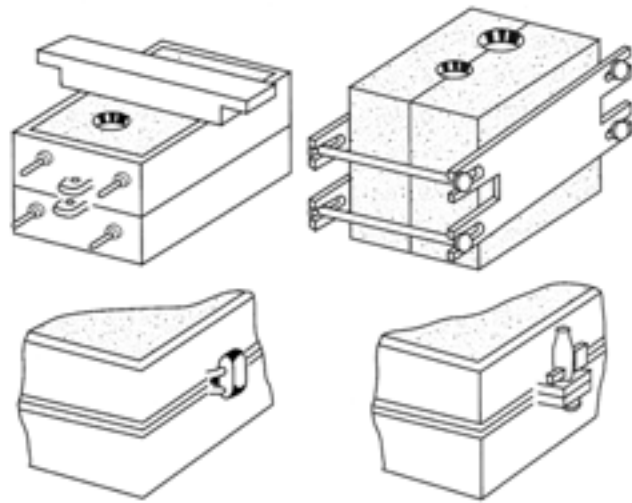
$F_N$  : نیروی بالابرنده درجه فوقانی

نیروی  $f_N$  متناسب با چگالی مذاب ( $\rho'$ )، ارتفاع مذاب از سطح آزاد تا سطح فوقانی قالب ( $h_s$ ) و سطح فوقانی

قالب  $A'$  است.

$$F_N = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$$

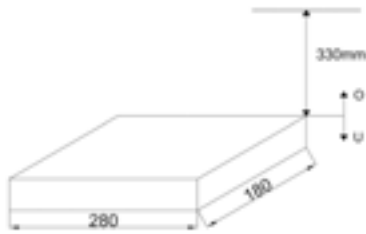
با توجه به این مسأله همواره باید سعی کرد که ارتفاع راهگاه کمتر باشد و سیستم راهگاهی مناسب طراحی شود تا اولاً مذاب قالب را پر نماید، از طرف دیگر فشار بیش از حد نباشد و در صورت پر شدن قالب انجماد از دیواره شروع شود، شکل ۲۴-۵ چند روش جفت کردن قالب را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴-۵- چند روش جفت کردن در نیمه قالب

ذکر این نکته لازم است که بلند شدن قالب تنها ناشی از درجه فوقانی نیست بلکه وجود گازهای متراکم در قالب نیز سبب ایجاد این پدیده می‌شود. با توجه به این مسأله در صورت وجود رطوبت در قالب زمانی که فلز با نقطه ذوب بالاتر وارد قالب می‌شود امکان تبخیر رطوبت افزایش می‌یابد و با توجه به قانون گازها در اثر درجه حرارت، حجم گاز بیشتر شده که در صورت عدم امکان افزایش حجم گاز، گاز متراکم شده و فشار زیادی به درجه بالایی وارد می‌کند که سبب بلند شدن درجه روی می‌شود. بنابراین در ریخته‌گری فلزات با نقطه ذوب بالاتری مانند چدن و فولاد نسبت به ریخته‌گری فلزات با نقطه ذوب پایین تر مثل قلع، سرب و... وزنه‌های بیشتری

تمرین ۵-۱۱ نیروی بالابرنده  $F_N$  ناشی از مذاب برنج با چگالی  $8300 \text{ kg/m}^3$  در ریخته‌گری قطعه مکعب مستطیل شکل زیر را محاسبه کنید. ارتفاع از سطح آزاد مذاب  $330 \text{ mm}$  می‌باشد ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



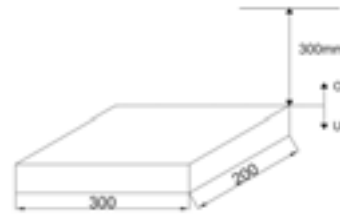
شکل ۵-۲۷



شکل ۵-۲۸

حل (توسط هنرجو):

مثال ۵-۱۱ مطلوبست نیروی بالابرنده  $F_N$  ناشی از مذاب برنز با چگالی  $8200 \text{ kg/m}^3$  در ریخته‌گری قطعه مکعب مستطیل به شکل زیر، ارتفاع از سطح آزاد مذاب  $350 \text{ mm}$  می‌باشد ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).



شکل ۵-۲۵



شکل ۵-۲۶

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$H = 300 \text{ mm}$	$F_N ?$
$\rho' = 8200 \text{ kg/m}^3$	
$g = 10 \text{ m/s}^2$	

مرحله (۲) محاسبه سطح فوقانی:

با توجه به این که سطح فوقانی به شکل مستطیل است

خواهیم داشت:

$$A = 300 \times 200 = 60000 \text{ mm}^2$$

$$A = 60000 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A = 0.06 \text{ m}^2}$$



مرحله ۳) به دست آوردن ارتفاع سطح فوقانی قالب

از سطح آزاد مذاب

$$h_N = H - 300 \text{ mm} = 300 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \Rightarrow \boxed{h_N = 0.3 \text{ m}}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر سطح فوقانی

$$F_N = \rho' \cdot g \cdot h_N \cdot A$$

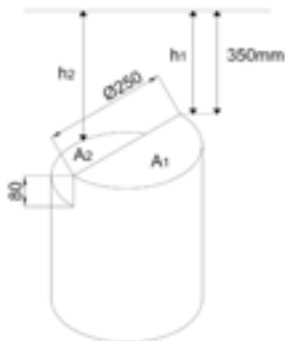
مرحله ۵) جای گذاری مقادیر معلوم و محاسبه

ریاضی

$$F_N = 8200 \times 10 \times 0.3 \times 0.6 \Rightarrow \boxed{F_N = 1476 \text{ N}}$$

تمرین ۱۲-۵ مطلوبست نیروی بالابرنده  $F_N$  ناشی از مذاب چدن برنج با چگالی  $7600 \text{ kg/m}^3$  در ریخته گری قطعه استوانه ای مطابق شکل زیر، ارتفاع از سطح آزاد

مذاب  $350 \text{ mm}$  ( $10 \text{ m/s}^2$  و  $\pi$ )

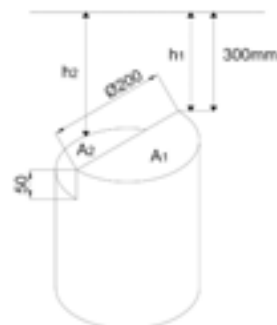


شکل ۵-۳۰

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۲-۵ مطلوبست نیروی بالابرنده  $F_N$  ناشی از مذاب چدن با چگالی  $7800 \text{ kg/m}^3$  در ریخته گری قطعه استوانه ای مطابق شکل زیر، ارتفاع از سطح آزاد

مذاب  $300 \text{ mm}$  ( $10 \text{ m/s}^2$  و  $\pi$ )



شکل ۵-۲۹

حل:

مرحله ۱) داده ها و خواسته ها

داده ها	خواسته
$H = 300 \text{ mm}$	$F_N ?$
$g = 10 \text{ m/s}^2$	
$\rho' = 7800 \text{ kg/m}^3$	
$R = 100 \text{ mm}$	
$\pi$	

مرحله ۲) محاسبه سطوح  $A_1$  و  $A_2$ :

سطوح  $A_p$  و  $A_1$  به شکل نیم دایره است و مساحت آنها

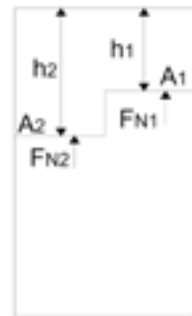
برابر است

$$R = 100 \text{ mm} \Rightarrow R = 100 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \Rightarrow \boxed{R = 0.1 \text{ m}}$$

$$A_1 = A_p = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{\pi \times (0.1)^2}{2}$$

$$A_1 = A_p = 0.0157 \text{ m}^2$$

مرحله ۳) به دست آوردن  $h_p$  و  $h_1$



شکل ۱-۲۹-۵

$$\text{فاصله } h_1 = 300 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{h_1 = 0.3 \text{ m}}$$

سطح  $A_1$  از سطح آزاد مذاب

$$\text{فاصله سطح } h_p = H + 50 = 300 + 50 = 350 \text{ mm}$$

$A_p$  از سطح آزاد مذاب

$$h_p = 350 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \Rightarrow \boxed{h_p = 0.35 \text{ m}}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه نیروی وارد بر سطح فوقانی

$$F_{N_1} = \rho' g h_1 A_1$$

$$F_{N_p} = \rho' g h_p A_p$$

$$F_N = F_{N_1} + F_{N_p}$$

مرحله ۵) جای گذاری مقادیر معلوم در رابطه‌ها و

محاسبه ریاضی

$$F_{N_1} = 7800 \times 10 \times 0.0157 \Rightarrow F_{N_1} = 351 \text{ N}$$

$$F_{N_p} = 7800 \times 10 \times 0.0157 \Rightarrow F_{N_p} = 409.5 \text{ N}$$

$$F_N = 351 + 409.5 \Rightarrow \boxed{F_N = 760.5 \text{ N}}$$

### ۱-۴-۵- نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمستوی قالب :

در صورتی که سطح فوقانی قالب مسطح و هموار نبوده و به صورت خمیده و غیر مستوی باشد برای محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی می توان سطحی مستوی و موازی با سطح آزاد را به صورتی در نظر گرفت که فاصله این سطح تا سطح آزاد مذاب برابر با متوسط ارتفاع های سطح غیرمستوی تا سطح آزاد مذاب باشد. یعنی اگر یک سطح غیرمستوی در نقاط مختلف دارای ارتفاع های مختلف باشد می توان با محاسبه میانگین این ارتفاع ها، ارتفاع سطح مستوی موازی با سطح آزاد مذاب را به دست آورد که با توجه به آن می توان نیروی وارد بر سطح فوقانی غیرمستوی قالب را با توجه به روابط زیر به دست آورد.

$$h_m = H - \frac{V}{A_1}$$

که در آن :

$h_m$  : میانگین ارتفاع های سطح غیرمستوی که برابر است با ارتفاع سطح مستوی معادل

$H$  : ارتفاع راهگاه

$V$  : حجم فضای محصور بین سطح فوقانی تا سطح جدایش دو نیمه قالب

$A'$  : مساحت سطح مستوی مؤثر که برابر است با تصویر سطح فوقانی قالب روی سطح جدایش با

سطح موازی آن

لذا نیروی وارده بر سطح فوقانی غیرمستوی قالب از رابطه زیر به دست می آید.

$$F_N = \rho' g h_m A'$$

که در آن :

$F_N$  : نیروی وارد بر سطح فوقانی  $N$

$\rho'$  : چگالی مذاب  $\frac{kg}{m^3}$

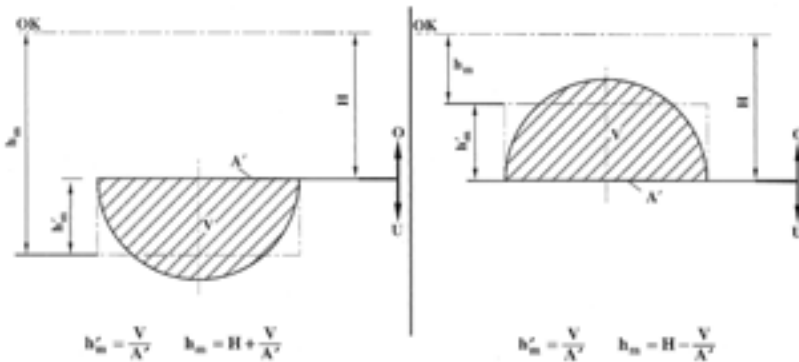
نکته ۱ :  $V$  حجم فضای بین سطح فوقانی قالب و سطح جدایش است و نباید با حجم محفظه قالب و مذابی

که آن را پر می کند اشتباه گرفته شود چون ممکن است در این فضا ماهیچه وجود داشته باشد.

نکته ۲ : از این روش علاوه بر محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب می توان در محاسبه نیروی وارد بر کف و

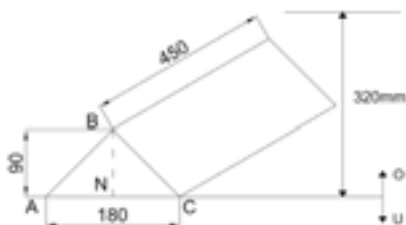
دیواره های قالب نیز استفاده کرد. ولی باید توجه کرد که در مورد قسمت های فوقانی قالب، ارتفاع متوسط ( $h'_m$ ) از

ارتفاع راهگاه ( $H$ ) کاسته می شود، اما برای قسمت های کف قالب این ارتفاع راهگاه جمع می شود. (شکل ۳۱-۵)



شکل ۵-۳۱- ارتفاع متوسط نقاط سطح قالب تا سطح آزاد مذاب

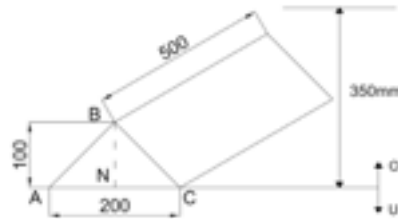
تمرین ۵-۱۳ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قطعه‌ای به شکل زیر از جنس برنج با چگالی  $۸۶۰۰ \text{ kg/m}^3$  ( $۱۰ \text{ m/s}^2$ ).



شکل ۵-۳۳

حل (توسط هنرجو):

مثال ۵-۱۳ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قطعه‌ای به شکل زیر از جنس برنج با چگالی  $۸۵۰۰ \text{ kg/m}^3$  ( $۱۰ \text{ m/s}^2$ ).



شکل ۵-۳۲

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$H = ۳۰۰ \text{ mm}$	$F_N ?$
$\rho = ۸۵۰۰ \text{ kg/m}^3$	
$g = ۱۰ \text{ m/s}^2$	

مرحله (۲) به دست آوردن حجم محصور بین سطوح

فوقانی قالب تا سطح جدایش.

$$BN = ۱۰۰ \text{ mm} = ۱۰۰ \times \left( \frac{۱}{۱۰۰۰} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{BN = ۰/۱ \text{ m}}$$

$$AC = ۲۰۰ \text{ mm} = ۲۰۰ \times \left( \frac{۱}{۱۰۰۰} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{AC = ۰/۲ \text{ m}}$$

$$CD = 50.0 \text{ mm} = 50.0 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{CD = 0.05 \text{ m}}$$

سطح مثلث  $ABC$   $\frac{BN \times AC}{2} = \frac{0.1 \times 0.2}{2} = 0.01 \text{ m}^2$

= حجم محصور بین سطوح فوقانی تا سطح جدایش  $ABC \times CD = 0.01 \times 0.05 = 0.0005 \text{ m}^3$

مرحله ۳) بدست آوردن تصویر سطوح فوقانی قالب

بر روی سطح جدایش تصویر سطح فوقانی قالب بر روی سطح جدایش به صورت مستطیل است

$$A' = 0.2 \times 0.05 \Rightarrow \boxed{A' = 0.01 \text{ m}^2}$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه مربوط به حل مسأله

$$F_N = H \frac{V}{A'}$$

$$F_N = \rho \cdot g \cdot h_m \cdot A'$$

مرحله ۵) به دست آوردن ارتفاع متوسط نقاط سطح

فوقانی قالب تا سطح آزاد مذاب

$$H = 35.0 \text{ mm} = 35.0 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{H = 0.035 \text{ m}}$$

$$h_m = 0.035 - \frac{0.0005}{0.01} = 0.035 - 0.05 \Rightarrow \boxed{h_m = 0.03 \text{ m}}$$

مرحله ۶) جای گذاری مقادیر معلوم در رابطه نیروی

وارد بر سطح فوقانی قالب

$$F_N = 8500 \times 10 \times 0.03 \times 0.01 \Rightarrow \boxed{F_N = 2550 \text{ N}}$$

تمرین ۱۴-۵ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب قطعه‌ای به شکل زیر از جنس برنز با چگالی  $8300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ( $\pi$  و  $g$  و  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

مثال ۱۴-۵ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب قطعه‌ای به شکل زیر از جنس برنز با چگالی  $8200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ( $\pi$  و  $g$  و  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )



شکل ۵-۳۵

حل (توسط هنرجو):



شکل ۵-۳۴

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$H = 300 \text{ mm}$	$F_N ?$
$R = 100 \text{ mm}$	
$\rho = 8200 \text{ kg/m}^3$	
$\pi = 3$	
$g = 10$	

مرحله (۲) به دست آوردن حجم محصور بین سطح فوقانی و سطح جدایش قالب.

نکته: حجم محصور بین سطح فوقانی و سطح جدایش

به صورت نیم استوانه می‌باشد.

$$R = 100 \text{ mm} \quad 100 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{R = 0.1 \text{ m}}$$

$$\text{طول قطعه} = 400 \text{ mm} \quad 400 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.4 \text{ m}$$

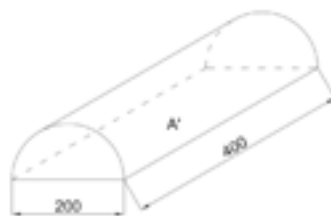
$$\text{سطح نیم دایره} = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3 \times (0.1)^2}{2} = 0.015 \text{ m}^2$$

$$V = \text{طول قطعه} \times \text{سطح نیم دایره} = \text{حجم محصور}$$

$$V = 0.015 \times 0.4 \Rightarrow \boxed{V = 0.006 \text{ m}^3}$$

مرحله (۳) به دست آوردن مساحت تصویر سطح

فوقانی قطعه که به شکل مستطیل است.



شکل ۱-۳۴-۵

$$\text{طول مستطیل } 400 \text{ mm} \quad 400 \times \frac{1}{1000} \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{عرض مستطیل } 200 \text{ mm} \quad 200 \times \frac{1}{1000} \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

$$A' = 0.4 \times 0.2 \text{ m} \Rightarrow \boxed{A' = 0.08 \text{ m}^2}$$

مرحله ۴) به دست آوردن ارتفاع متوسط نقاط سطح

فوقانی قالب تا سطح آزاد مذاب



شکل ۲-۳۴-۵

$$H = 300 \text{ mm} \quad 300 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{H = 0.3 \text{ m}}$$

$$h_m = H \frac{V}{A'} = 0.3 \frac{0.006}{0.08}$$

$$h_m = 0.3 \times 0.075 \Rightarrow \boxed{h_m = 0.0225 \text{ m}}$$

مرحله ۵) نوشتن رابطه نیروی وارد بر سطح فوقانی

قالب

$$F_N = \rho g h_m A'$$

مرحله ۶) جای گذاری مقادیر معلوم در رابطه فوق و

محاسبه ریاضی

$$F_N = 8200 \times 10 \times 0.0225 \times 0.08 \Rightarrow \boxed{F_N = 1476 \text{ N}}$$

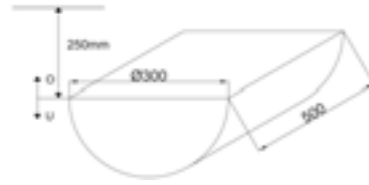
تمرین ۱۵-۵ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح تحتانی قالب قطعه‌ای به شکل زیر از جنس چدن به چگالی  $7400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  و  $\pi = 3$ )

مثال ۱۵-۵ مطلوبست محاسبه نیروی وارد بر سطح تحتانی قالب قطعه‌ای به شکل زیر از جنس چدن به چگالی  $7200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  و  $\pi = 3$ )



شکل ۵-۳۷

حل (توسط هنرجو):



شکل ۵-۳۶

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$H = 250 \text{ mm}$ $R = 150 \text{ mm}$ $\rho = 7200 \text{ kg/m}^3$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $\pi \approx 3$	$F_s ?$

مرحله (۲) محاسبه مساحت تصویر کف قالب.

کف قالب به شکل مستطیل است به طول  $500 \text{ mm}$  در

عرض  $300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{طول} \quad 300 \text{ mm} &= 300 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.3 \text{ m} \\ \text{عرض} \quad 500 \text{ mm} &= 500 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A' = 0.3 \times 0.5 \Rightarrow \boxed{A' = 0.15 \text{ m}^2}$$

مرحله (۳) محاسبه حجم محصور بین کف قالب و

سطح جدایش

نکته: این قطعه به شکل نیم استوانه است بنابراین حجم

آن برابر است با مساحت قاعده (نیم دایره) در ارتفاع

$$R = 150 \text{ mm} = 150 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow R = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{طول قطعه} \quad 500 \text{ mm} = 500 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.5 \text{ m}$$



$$\text{سطح دایره} \quad \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3 \times (0/15)^2}{2} = 0/03375 \text{m}^2$$

$$V = \text{طول قطعه} \times \text{سطح دایره} = 0/5 \times 0/03375 = 0/016875 \text{m}^3$$

$$V = 0/016875 \text{m}^3$$

مرحله ۴) محاسبه ارتفاع متوسط قطعه تا سطح آزاد

مذاب



شکل ۱-۳۶-۵

$$H = 250 \text{mm} = 250 \times \left( \frac{1}{1000} \text{m} \right) \Rightarrow H = 0/25 \text{m}$$

$$h_m = H + \frac{V}{A'} = 0/25 + \frac{0/016875}{0/15}$$

$$h_m = 0/25 + 0/1125 \Rightarrow h_m = 0/3625 \text{m}$$

مرحله ۵) نوشتن رابطه نیروی وارد بر سطح کف

قالب

$$F_s = \rho g h A'$$

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر معلوم در رابطه و

محاسبه ریاضی

$$F_s = 7200 \times 10 \times 0/3625 \times 0/15 \Rightarrow F_s = 3915 \text{N}$$

### ۵-۵- رابطه نیروی ارشمیدس (وزن اجسام در سیالات)

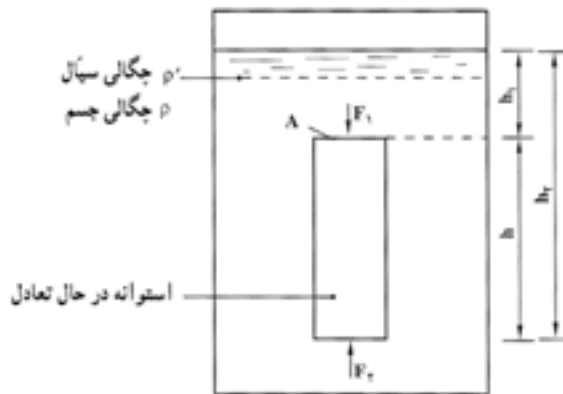
مطابق اصل ارشمیدس هنگامی که یک جسم داخل سیال قرار می‌گیرد به اندازه وزن سیال هم حجم جسم از وزن جسم کاسته می‌شود. وزن سیال هم حجم جسم را نیروی ارشمیدس می‌نامند. این اصل از قانون پاسکال نتیجه می‌شود زیرا اگر جسمی استوانه‌ای شکل به طور قائم در داخل سیال به حالت تعادل قرار گرفته باشد مطابق شکل ۳۷-۵ خواهیم داشت :

$$F_A = F_p = F_1$$

که در آن :

$F_A$  : نیروی ارشمیدس

$F_p$ : برابر نیرویی است که از طرف سیال به ارتفاع  $h_1$  به جسم داده می‌شود.  
 $F_b$ : برابر با نیرویی است که از طرف سیال با ارتفاع  $h_p$  به جسم وارد می‌شود.



شکل ۳۷-۵- اندازه نیروی ارشمیدس

$$F_A \quad \rho' \cdot g \cdot h_p \cdot A \quad \rho' \cdot g \cdot h_1 \cdot A \quad \rho' \cdot g \cdot A (h_p - h_1) \left. \right\} \Rightarrow F_A \quad \rho' \cdot g \times A \quad \text{بنابراین خواهیم داشت:}$$

از طرفی  $Ah$  برابر است با حجم استوانه  $V =$

$\rho'g$  برابر است با وزن مخصوص مذاب  $d' =$

در نتیجه خواهیم داشت،  $F_A$  یا نیروی ارشمیدس:

وزن سیال هم حجم استوانه  $W_f \quad d' \times V \quad F_A$  نیروی ارشمیدس

نیروی ارشمیدس همواره در امتداد عمودی و جهت آن به طرف بالاست. در این صورت اگر جسمی به جرم  $W$

در داخل یک سیال غوطه‌ور شود و نیروی ارشمیدس  $F_A$  باشد، لذا نیروی وارد بر جسم تفاضل این دو نیرو خواهد

بود که به آن وزن ظاهری در داخل سیال گویند و با  $w'$  نشان می‌دهند.

$$w' \quad w \quad F_A$$

در صورتی که حجم جسم غوطه‌ور شده  $V$  و چگالی آن  $\rho$  و چگالی سیال  $\rho'$  فرض شود، خواهیم داشت:

وزن حقیقی جسم  $w \quad \rho \cdot g \cdot V$

نیروی ارشمیدس  $F_A \quad \rho' \cdot g \cdot V$

$$w' \quad w \quad F_A \quad \rho \cdot g \cdot V \quad \rho' \cdot g \cdot V \quad \rho \cdot g \cdot V \left( 1 - \frac{\rho'}{\rho} \right)$$

$$\Rightarrow w' \quad \rho g V \left( 1 - \frac{\rho'}{\rho} \right) \Rightarrow \boxed{w' \quad w \left( 1 - \frac{\rho'}{\rho} \right)}$$

که در آن:

W : وزن حقیقی جسم برابر  $\rho gV$

w' : وزن ظاهری جسم

$\rho$  : چگالی جسم

$\rho'$  : چگالی سیال (مذاب)

### ۱-۵-۵- حالت‌های مختلف وزن ظاهری

بر حسب اینکه چگالی جسم نسبت به چگالی سیال بزرگ‌تر، مساوی و یا کوچک‌تر باشد می‌توان سه حالت را تشخیص داد

الف) اگر  $\rho > \rho'$  باشد، جسم در داخل سیال فرو رفته و با حرکت شتابدار به ته ظرف می‌رود. در این حالت نیروی ارشمیدس از نیروی وزن قطعه کمتر است و جهت نیروی مربوط به وزن ظاهری به سمت پایین است.

ب) اگر  $\rho < \rho'$  باشد، جسم در داخل سیال صعود می‌کند و به سطح سیال می‌رود. در این حالت نیروی ارشمیدس از نیروی وزن قطعه بیشتر است و جهت نیروی مربوط به وزن ظاهری به طرف بالاست.

ج) اگر  $\rho = \rho'$  باشد، جسم در داخل سیال بدون حرکت باقی می‌ماند. در این حالت نیروی ارشمیدس برابر نیروی وزن قطعه خواهد بود و به جسم نیرویی وارد نمی‌شود.

تمرین ۱۶-۵ یک قطعه مکعب شکل به ضلع ۱۵ cm از فولاد در داخل آب غوطه‌ور شده است، مطلوبست:

الف - وزن حقیقی قطعه

ب - نیروی ارشمیدس از طرف آب

ج - وزن ظاهری قطعه در داخل آب

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۶-۵ یک قطعه مکعب شکل به ضلع ۱۰ cm از فولاد در داخل آب غوطه‌ور شده است، مطلوبست:

الف - وزن حقیقی قطعه

ب - نیروی ارشمیدس از طرف آب

ج - وزن ظاهری قطعه در داخل آب

(چگالی فولاد  $7800 \text{ kg/m}^3$  و چگالی آب  $1000 \text{ kg/m}^3$ )

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$w = ?$ قطعه	$10 \text{ cm} = \text{ضلع}$
$F_A ?$	$\rho_{\text{فولاد}} = 7800 \text{ kg/m}^3$
$w' ?$	$\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

مرحله ۲) محاسبه وزن حقیقی قطعه

$$\text{ضلع } 10\text{cm} = 10 \times \frac{1}{100} \text{m} = 0.1\text{m}$$

ابتدا حجم قطعه را حساب می‌کنیم

$$V = (\text{ضلع})^3 = (0.1)^3 \Rightarrow \boxed{V = 0.001\text{m}^3}$$

مرحله ۳) نوشتن روابط مربوط به حل مسأله

$$w = \rho \cdot g \cdot v$$

$$F_A = \rho' \cdot g \cdot v$$

$$w' = w - F_A$$

مرحله ۴) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه وزن

حقیقی و محاسبه ریاضی

$$w = 7800 \times 10 \times 0.001 \Rightarrow \boxed{w = 78\text{N}}$$

مرحله ۵) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه نیروی

ارشمیدس و محاسبه ریاضی

$$F_A = 1000 \times 10 \times 0.001 \Rightarrow \boxed{F_A = 10\text{N}}$$

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه وزن

ظاهری و محاسبه ریاضی

$$w' = 78 - 10 \Rightarrow \boxed{w' = 68}$$

راه دیگر :

$$w' = w \left( 1 - \frac{\rho'}{\rho} \right) = 78 \left( 1 - \frac{1000}{7800} \right)$$

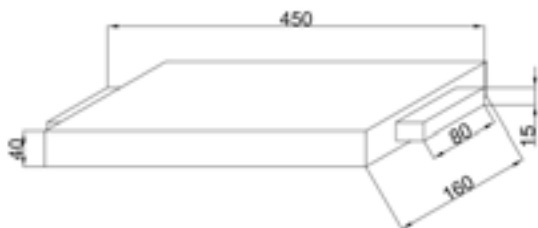
$$w' = 78(1 - 0.128) \Rightarrow \boxed{w' = 68\text{N}}$$

## ۶-۵- محاسبه نیروی مذاب وارد بر ماهیچه و تکیه گاه‌های ماهیچه :

زمانی که قالب پر می‌شود تمام قسمت‌های مختلف قالب شامل جداره‌ها و سطوح قالب در اثر فشار مذاب تحت نیرو قرار می‌گیرند، این نیرو می‌تواند سبب تغییرات و جابجایی قسمت‌های ضعیف قالب و حتی ماهیچه‌ها گردد. مطابق قانون پاسکال و اصل ارشمیدس در اثر فشار مناسب وزن ماهیچه‌ها از وزن واقعی آنها کمتر می‌شود، از

طرف دیگر چگالی ماهیچه‌ها اغلب کمتر از چگالی مذاب می‌باشد که این خود سبب بلند شدن ماهیچه می‌شود. نیروی وارد شده بر ماهیچه توسط سطوح قالب در تماس با تکیه گاه ماهیچه‌ها خنثی می‌شود، در غیراینصورت ماهیچه حرکت کرده و باعث تولید قطعه معیوب می‌شود، نیروهای وارد به تکیه گاه‌ها معمولاً به قالب‌های فوقانی منتقل می‌شود که اگر این نیروها بیشتر از وزن قالب رویی باشد باعث تکان خوردن درجه روئی و در نتیجه معیوب شدن قطعه ریختگی می‌شود. (چنانچه ماهیچه‌ها استحکام کافی نداشته باشند شکسته می‌شوند به همین علت از آرماتور و لوله مشبک در داخل ماهیچه استفاده می‌گردد)

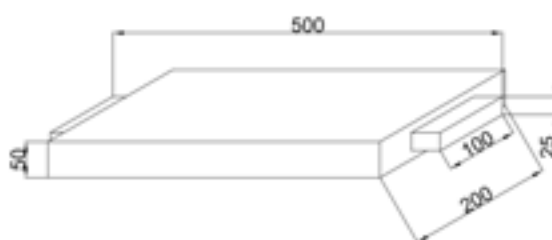
تمرین ۱۷-۵ با توجه به شکل زیر در صورتی که چگالی ماهیچه و مذاب به ترتیب  $2400 \text{ kg/m}^3$  و  $7800 \text{ kg/m}^3$  باشد. وزن حقیقی ماهیچه، همچنین نیروی ارشمیدس (نیروی رانش مذاب) و وزن ظاهری ماهیچه (نیروی وارد بر تکیه گاه فوقانی را حساب کنید  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ )



شکل ۴۰-۵

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۷-۵ با توجه به شکل زیر در صورتی که چگالی ماهیچه و مذاب به ترتیب  $2400 \text{ kg/m}^3$  و  $7800 \text{ kg/m}^3$  باشد. مطلوبست: وزن حقیقی ماهیچه، همچنین نیروی ارشمیدس (نیروی رانش مذاب) و وزن ظاهری ماهیچه (نیروی وارد بر تکیه گاه فوقانی،  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ )



شکل ۳۹-۵

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho_k = 2400 \text{ kg/m}^3$	$W = ?$
$\rho' = 7800 \text{ kg/m}^3$	$F_A = ?$
	$W'_k = ?$

مرحله (۲) به دست آوردن حجم کل ماهیچه

ماهیچه به همراه تکیه گاه به شکل مکعب مستطیل با ابعاد  $25 \times 100 \times 500$  میلی متر می باشد، بنابراین حجم آن برابر است با:

$$250\text{mm} \quad 25 \times \left( \frac{1}{1000} \text{m} \right) \quad 0/025\text{m}^3$$

$$100\text{mm} \quad 100 \times \left( \frac{1}{1000} \text{m} \right) \quad 0/1\text{m}^3$$

$$500\text{mm} \quad 500 \times \left( \frac{1}{1000} \text{m} \right) \quad 0/5\text{m}^3$$

حجم  $V_k = 0/5 \times 0/1 \times 0/025 \Rightarrow V_k = 0/00125\text{m}^3$

کل ماهیچه

مرحله ۳) محاسبه حجم قسمتی از ماهیچه که در تماس با مذاب است.

با توجه به شکل داریم که  $400\text{mm}$  از طول ماهیچه در تماس با مذاب است. بنابراین ابعاد ماهیچه در تماس با مذاب عبارت است از:

$$400\text{mm} \quad 400 \times \left( \frac{1}{1000} \text{m} \right) \quad 0/4\text{m}^3$$

حجم ماهیچه  $V_A = 0/025 \times 0/1 \times 0/4 \Rightarrow V_A = 0/001\text{m}^3$

در تماس با مذاب

مرحله ۴) نوشتن روابط مورد نیاز برای حل مسأله

$$w_k \quad \rho \cdot g \cdot V_k$$

$$F_A \quad \rho' \cdot g \cdot V_A$$

$$w'_k \quad w_k \quad F_A$$

مرحله ۵) محاسبه وزن حقیقی براساس رابطه آن:

$$w_k \quad 2400 \times 10 \times 0/00125 \Rightarrow w_k \quad 30\text{N}$$

مرحله ۶) محاسبه نیروی ارشمیدس با توجه به

رابطه آن:

نکته : با توجه به اینکه  $400 \text{ mm}$  از ماهیچه در تماس با مذاب است برای محاسبه نیروی ارشمیدس باید حجم این  $400 \text{ mm}$  از ماهیچه در رابطه قرار داده شود.

$$F_A = 7800 \times 10 \times 0.001 \Rightarrow \boxed{F_A = 78 \text{ N}}$$

مرحله ۷) محاسبه وزن ظاهری

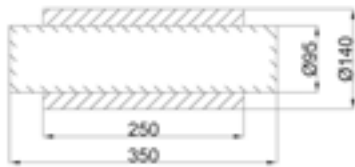
$$w'_k = 30 - 78 \Rightarrow \boxed{w'_k = 48 \text{ N}}$$

تمرین ۱۸-۵ شکل زیر نقشه یک بوش استوانه‌ای همراه با ماهیچه آن را نشان می‌دهد. در صورتی که چگالی ماهیچه و مذاب به ترتیب  $1400 \text{ kg/m}^3$  و  $6300 \text{ kg/m}^3$  باشد. مطلوبست :

الف - وزن حقیقی ماهیچه

ب - نیروی ارشمیدس

ج - وزن ظاهری ماهیچه و نیروی وارد بر هر تکیه گاه  $(\pi \text{ و } 3 \text{ و } 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } g)$



شکل ۵-۴۲

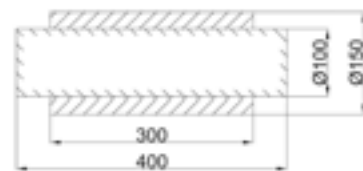
حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۸-۵ شکل زیر نقشه یک بوش استوانه‌ای همراه با ماهیچه آن را نشان می‌دهد. در صورتی که چگالی ماهیچه و مذاب به ترتیب  $1500 \text{ kg/m}^3$  و  $6400 \text{ kg/m}^3$  باشد. مطلوبست

الف - وزن حقیقی ماهیچه  $(w_k)$

ب - نیروی ارشمیدس  $(F_A)$

ج - وزن ظاهری ماهیچه و نیروی وارد بر تکیه گاه  $(\pi \text{ و } 3 \text{ و } 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } g)$



شکل ۵-۴۱

حل:

مرحله ۱) داده‌ها و خواسته‌ها :

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho_k = 1500 \text{ kg/m}^3$	$w_k = ?$
$\rho' = 6400 \text{ kg/m}^3$	$F_A = ?$
$g = 10 \text{ m/s}^2$	$w'_k = ?$
$\pi = 3$	? = نیروی وارد بر تکیه گاه

مرحله ۲) به دست آوردن حجم کل ماهیچه  
 ماهیچه استوانه‌ای شکل است و حجم آن برابر است با  
 حاصلضرب مساحت قاعده (دایره) در ارتفاع آن.

$$D_k = 100 \text{ mm} = 100 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow \boxed{D_k = 0.1 \text{ m}}$$

$$\text{مساحت دایره} \quad \frac{\pi D^2}{4} \quad \frac{3 \times (0.1)^2}{4} \quad 0.0075 \text{ m}^2$$

$$\text{طول ماهیچه} \quad 400 \text{ mm} \quad 400 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \quad 0.4 \text{ m}$$

طول ماهیچه  $\times$  مساحت دایره =  $V_k$

$$V_k \quad 0.0075 \times 0.4 \Rightarrow \boxed{V_k \quad 0.003 \text{ m}^3}$$

مرحله ۳) به دست آوردن حجم قسمتی از ماهیچه  
 که در تماس با مذاب است. طولی از ماهیچه که در  
 تماس با مذاب است برابر است با طول قطعه یعنی  
 ۳۰۰ mm می‌باشد.

$$300 \text{ mm} \quad 300 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \quad 0.3 \text{ m}$$

$$V_A \quad \text{مساحت دایره} \quad \times 0.3$$

$$V_A \quad 0.0075 \times 0.3 \Rightarrow \boxed{V_A \quad 0.00225 \text{ m}^3}$$

مرحله ۴) نوشتن روابط مورد نیاز

$$w_k \quad \rho g V_k$$

$$F_A \quad \rho' g V_A$$

$$w'_k \quad w_k \quad F_A$$

مرحله ۵) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه وزن

حقیقی

$$w_k \quad 1500 \times 10 \times 0.003 \Rightarrow \boxed{w_k \quad 45 \text{ N}}$$

مرحله ۶) جای‌گذاری مقادیر معلوم در رابطه نیروی

ارشمیدس

$$F_A \quad 6400 \times 10 \times 0.00225 \Rightarrow \boxed{F_A \quad 144 \text{ N}}$$

مرحله ۷) به دست آوردن وزن ظاهری

$$w'_k \quad 45 \quad 144 \Rightarrow \boxed{w'_k \quad 99 \text{ N}}$$



علامت منفی نشان دهنده این است که نیرو به سمت بالا می‌رود.

مرحله ۸) به دست آوردن نیروهای وارد بر تکیه گاه با توجه به اینکه ماهیچه دارای دو تکیه گاه می‌باشد. نیروی وارد بر تکیه گاه برابر است با نصف وزن ظاهری ماهیچه.

$$F_w = \frac{w'}{2} = \frac{99}{2} = 49.5 \text{ N}$$

### ۷-۵- محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه : ( $F_A$ )

معمولاً نیروی بالابرنده درجه فوقانی  $F$  برابر است با مجموع برآیند نیروهای وارد شده به سطح فوقانی قالب ( $F_N$ ) و همچنین وزن ظاهری ماهیچه ( $w'_k$ ) است، که این نیرو مزاحم است و باید با وزنه‌گذاری صحیح روی قالب فوقانی اثر آن خنثی شود. در عمل باید وزن قالب فوقانی و محتوی آن ( $F_C$ ) وزنه ( $f_w$ ) مجموعاً  $1/5$  برابر نیروی بالابرنده قالب باشد.

$$F_w + F_C = 1/5(F_N + w'_k)$$

معادله فوق زمانی صادق است که وزن ظاهری ماهیچه ( $w'_k$ ) هم جهت با نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب ( $F_N$ ) باشد که با یکدیگر جمع شوند. یا به عبارت دیگر نیروی ارشمیدس ( $F_A$ ) بزرگ‌تر از وزن حقیقی ماهیچه ( $w_k$ ) باشد. در غیر اینصورت جهت وزن ظاهری به سمت پایین بوده و در بالا بردن درجه فوقانی تأثیری ندارد، در این صورت وزن ظاهری به سطوح تکیه گاه‌های ماهیچه در قالب پایین منتقل می‌شود که با نیروی عکس‌العمل این سطوح خنثی خواهد شد.

$$F_w = 1/5(F_N + F_A - w_k) - F_C$$

که در آن :

$F_w$  : مقدار وزنه

$F_N$  : نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب

$F_A$  : نیروی ارشمیدس

$w_k$  : وزن حقیقی ماهیچه

$F_C$  : وزن درجه رویی و محتوای آن

$$F_A - w_k \geq 0$$

شرط برقراری این رابطه عبارت است از :

تمرین ۱۹-۵ در یک قالب نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب  $F_N = 400 \text{ N}$  ، در صورتی که وزن درجه فوقانی با محتویات آن  $F_C = 200 \text{ N}$  باشد، مقدار وزنه لازم برای جلوگیری از بلند شدن قالب رویی می شود چقدر است. ضریب اطمینان  $1/5$  می باشد.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۱۹-۵ در یک قالب نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب  $F_N = 400 \text{ N}$  ، در صورتی که وزن درجه فوقانی با محتویات آن  $F_C = 200 \text{ N}$  باشد، مقدار وزنه لازم برای جلوگیری از بلند شدن قالب رویی می شود، چقدر است. ضریب اطمینان  $1/5$  می باشد.

حل :

مرحله (۱) داده ها و خواسته ها :

داده ها	خواسته
$F_N = 400 \text{ N}$	$f_w ?$
$F_C = 200 \text{ N}$	
$1/5 = \text{ضریب اطمینان}$	

مرحله (۲) نوشتن رابطه مورد نیاز برای حل مسأله

$$f_w = 1/5 (f_N + f_A + w_k) + F_C$$

مرحله (۳) جای گذاری مقادیر داده ها در رابطه ها و

محاسبه ریاضی

- با توجه به اینکه قطعه فاقد ماهیچه می باشد،  $w_k$  و

$(F_A)$  برابر صفر است.

$$f_w = 1/5 (400 + 0 + 0) + 200$$

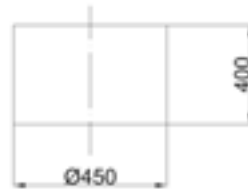
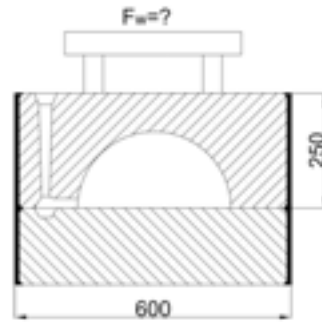
$$f_w = 400 \text{ N}$$

تمرین ۲۰-۵ مطلوبست محاسبه وزنه لازم جهت وزنه گذاری قالب ریخته شده از چدن در صورتیکه نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب  $3 \text{ kN}$  و نیروی وارد بر تکیه گاههای ماهیچه  $2 \text{ kN}$  و وزنه درجه رویی  $100 \text{ kg}$  و ماسه محتوی آن  $200$  کیلوگرم باشد. ضریب اطمینان  $1/5$  می باشد.

حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۰-۵ با توجه به شکل زیر در صورتی که مذاب از جنس برنز با وزن مخصوص  $8200 \text{ kg/m}^3$  باشد. مطلوب است تعیین اندازه وزنه ای که باید روی درجه قرار داده شود و قطعه به شکل نیم استوانه ای و ابعاد درجه فوقانی بر حسب میلی متر عبارت است از  $250 \times 600 \times 600$  و وزن درجه فوقانی  $40 \text{ kgf}$  و فرض می شود که سیستم راهگاهی از ماسه پر است، ضریب اطمینان  $1/5$  می باشد.  $\rho' = 1800 \text{ kg/m}^3$  و

$F_N ?$



شکل ۴۳-۵

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho$ برنز $8200 \text{ kg/m}^3$ ابعاد درجه = $600 \times 600 \times 250$	$F_N$ ?
$\rho'$ وزن مخصوص ماسه فشرده شده $1800 \text{ kg/m}^3$	$F_C$ ?
وزن درجه فوقانی = $40 \text{ Kgf}$	$F_w$ ?
ضریب اطمینان = $1/5$	

مرحله (۲) نوشتن رابطه

$$F_w = 1/5(F_N + F_A + w_k) + F_C$$

با توجه به اینکه قطعه فاقد ماهیچه است  $F_A$  (نیروی

ارشمیدس وارد بر ماهیچه) و  $w_k$  (وزن حقیقی ماهیچه)

برابر صفر است بنابراین خواهیم داشت:

$$F_w = 1/5 F_N + F_C$$

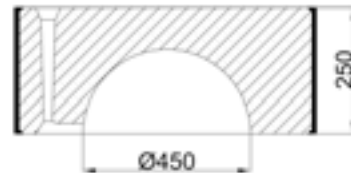
مرحله (۳) به دست آوردن  $F_N$  نیروی وارد بر سطح

فوقانی قالب

با توجه به اینکه سطح فوقانی قالب به شکل نیم استوانه است نیروی وارد بر سطح فوقانی از رابطه زیر به دست می آید.

$$F_N = \rho \cdot g \cdot h_m \cdot A'$$

$$h_m = H \frac{V}{A'}$$



شکل ۱-۴۳-۵

سطح مقطع  $\times$  طول = حجم نیم استوانه =  $V$  حجم محصور  
بین سطح فوقانی و سطح جدایش

$$d \text{ قطر دایره } 450 \text{ mm } 450 \times \frac{1}{1000} \text{ m } 0/45 \text{ m}$$

$$\text{سطح مقطع نیم دایره } \frac{1}{2} \pi d^2}{4} \quad \frac{1}{2} \times 3.14 \times (0/45)^2}{4}$$

$$\text{سطح مقطع نیم دایره } 0/076 \text{ m}^2$$

$$\text{طول قطعه } 400 \text{ mm } 400 \times \frac{1}{1000} \text{ m } 0/4 \text{ m}$$

$$V \text{ حجم محصور } 0/4 \times 0/076 = 0/0304 \text{ m}^3$$

= تصویر سطح فوقانی روی سطح جدایش

$$A' \text{ سطح مستطیل } 0/45 \times 0/4 = 0/18 \text{ m}^2$$

$$\text{طول راهگاه } 250 \text{ mm } 250 \times \frac{1}{1000} \text{ m } 0/25 \text{ m}$$

$$h_m = H \frac{V}{A'} = 0/25 \times \frac{0/0304}{0/18}$$

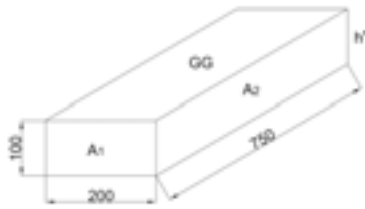
$$h_m = 0/25 \times 0/168 \Rightarrow \boxed{h_m = 0/082 \text{ m}}$$

$$F_N = \rho \times g \times h_m \times A'$$

$$F_N = 8200 \times 10 \times 0/18 \times 0/082$$

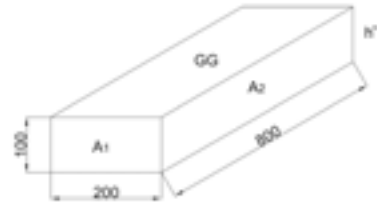
$$\boxed{F_N = 1210/3 \text{ N}}$$

	<p>مرحله ۳) به دست آوردن حجم ماسه داخل درجه :</p> <p>حجم نیم استوانه - حجم داخل درجه = حجم ماسه داخل درجه</p> <p>حجم مکعب مستطیل = حجم داخلی درجه</p> $= 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ $= 0.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$ <p>حجم مکعب مستطیل = حجم داخل درجه <math>0.09 \text{ m}^3</math></p> <p>حجم نیم استوانه <math>V = \frac{1}{2} \pi \times (0.45)^2 \times 0.4</math></p> <p>حجم نیم استوانه <math>V = 0.0304 \text{ m}^3</math></p> <p>حجم ماسه <math>0.09 - 0.0304 = 0.0596 \text{ m}^3</math></p> <p>مرحله ۴) به دست آوردن وزن ماسه</p> <p><math>\text{وزن ماسه} = \text{حجم ماسه} \times \rho'</math></p> <p>وزن ماسه <math>1800 \times 0.0596 \times 10 = 1072/8 \text{ N}</math></p> <p>مرحله ۵) به دست آوردن <math>F_C</math> :</p> <p>وزن ماسه + وزن درجه <math>F_C</math></p> <p>وزن درجه <math>40 \text{ kgf} = 40 \times (1 \times 10 \text{ N}) = 400 \text{ N}</math></p> <p><math>F_C = 400 + 1072/8 = 1472/8 \text{ N}</math></p> <p>مرحله ۶) به دست آوردن <math>F_w</math> :</p> <p><math>F_w = (1/5 \times F_N) F_C</math></p> <p><math>F_w = (1/5 \times 1210/3) 1472/8</math></p> <p><math>F_w = 342/65 \text{ N}</math></p> <p><math>F_w = 342/65 \times \frac{1}{10} \text{ kgf}</math></p> <p><math>F_w = 34/265 \text{ kgf}</math></p>
<p>تمرین ۲۱-۵ با توجه به شکل زیر نیروهای وارد بر سطوح <math>A_1</math> و <math>A_2</math> در صورتی که ارتفاع راهبار <math>250 \text{ mm}</math> و مذاب از چدن خاکستری با چگالی <math>6800 \text{ kg/m}^3</math> باشد را حساب کنید. <math>(g = 10 \text{ m/s}^2)</math></p>	<p>مثال ۲۱-۵ مطلوبست محاسبه نیروهای وارد بر سطوح <math>A_1</math> و <math>A_2</math> در شکل زیر در صورتی که ارتفاع راهبار <math>H = 300 \text{ mm}</math> و مذاب از چدن خاکستری با چگالی <math>7000 \text{ kg/m}^3</math> باشد. <math>(g = 10 \text{ m/s}^2)</math></p>



شکل ۴۵-۵

حل (توسط هنجرو):



شکل ۴۴-۵

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها

داده‌ها	خواسته‌ها
$H = 300 \text{ mm}$	$A_p$ ?
$\rho = 7000 \text{ kg/m}^3$	$A_1$ ?
$g = 10 \text{ m/s}^2$	$F_{s_1}$ ?
	$F_{s_p}$ ?

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه به حل مسأله

$$h_s = H + \frac{h'}{2}$$

$$F_s = \rho' \cdot g \cdot h_s \cdot A$$

مرحله (۳) به دست آوردن  $A_p, A_1$  و  $h'$  و  $h_s$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = 100 \times 200 = 20000 \text{ mm}^2 \\ 20000 \times \frac{1}{1000000} \text{ m}^2 = 0.02 \text{ m}^2 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_p = 100 \times 800 = 80000 \text{ mm}^2 \\ 80000 \times \frac{1}{1000000} \text{ m}^2 = 0.08 \text{ m}^2 \end{array} \right.$$

$$h' = 100 \text{ mm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_s = 300 + \frac{100}{2} = 350 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 350 \times \frac{1}{1000} = 0.35 \text{ m} \end{array} \right.$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها در رابطه‌ها و

محاسبه ریاضی

$$F_{s_1} = \rho \cdot g \cdot h_s \times A_1$$

$$F_{s_1} = 7000 \times 10 \times 0 / 35 \times 0 / 02$$

$$F_{s_1} = 490N$$

$$F_{s_p} = \rho \cdot g \cdot h_s \times A_p$$

$$F_{s_p} = 7000 \times 10 \times 0 / 35 \times 0 / 08$$

$$F_s = 1960N$$

تمرین ۲۲-۵ در یک قالب نیروی بالابرنده  $500\text{ N}$  و وزن درجه فوقانی با محتوای داخل آن  $4150\text{ N}$  می‌باشد مقدار وزنه لازم با در نظر گرفتن ضریب اطمینان چند نیوتن می‌باشد.  
حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۲-۵ در یک قالب نیروی بالابرنده  $600\text{ N}$  و وزن درجه فوقانی با محتوای داخل آن  $500\text{ N}$  می‌باشد. مقدار وزنه لازم با در نظر گرفتن ضریب اطمینان چند نیوتن می‌باشد.  
حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته
$F_N = 600\text{ N}$	$F_w = ?$
$F_C = 500\text{ N}$	
$1/5 = \text{ضریب اطمینان}$	

مرحله (۲) نوشتن رابطه مربوطه به حل مسأله

$$F_w = 1/5(F_N + F_A - w_k) - F_C$$

مرحله (۳) جای‌گذاری مقادیر داده‌ها و محاسبه ریاضی

نکته: با توجه به اینکه ماهیچه در قالب وجود ندارد  $F_A$  و  $w_k$  صفر خواهد بود.

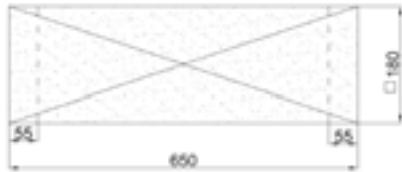
$$F_w = 1/5(600 + 0 - 0) - 500$$

$$F_w = 400N$$

تمرین ۲۳-۵ در ماهیچه خشک افقی با ابعاد شکل زیر با چگالی  $1300\text{ kg/m}^3$ ، اگر مذاب از چدن خاکستری با چگالی  $7000\text{ kg/m}^3$  باشد، مطلوبست:  $(g = 10\text{ m/s}^2)$

مثال ۲۳-۵ در ماهیچه خشک افقی با ابعاد شکل زیر با چگالی  $1200\text{ kg/m}^3$ ، اگر مذاب از چدن خاکستری با چگالی  $7000\text{ kg/m}^3$  باشد، مطلوبست:  $(g = 10\text{ m/s}^2)$

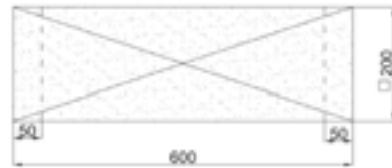
الف) وزن حقیقی ماهیچه بر حسب نیوتن  
 ب) نیروی رانش مذاب بر ماهیچه بر حسب نیوتن  
 ج) وزن ظاهری ماهیچه بر حسب نیوتن



شکل ۴۷-۵

حل (توسط هنرجو):

الف) وزن حقیقی ماهیچه بر حسب N  
 ب) نیروی رانش مذاب بر ماهیچه بر حسب N  
 ج) وزن ظاهری ماهیچه بر حسب N



شکل ۴۶-۵

حل: مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته‌ها
$\rho_k$ ماهیچه $1200 \text{ kg/m}^3$	$w_k$ ?
$\rho'$ مذاب $7000 \text{ kg/m}^3$	$F_A$ ?
$g$ $10 \text{ m/s}^2$	$w'_k$ ?

مرحله (۲) محاسبه حجم ماهیچه

طول و  $200 \text{ mm}$   $200 \times \left(\frac{1}{1000} \text{ m}\right) = 0.2 \text{ m}$

عرض و قاعده ماهیچه

ارتفاع  $600 \text{ mm}$   $600 \times \left(\frac{1}{1000} \text{ m}\right) = 0.6 \text{ m}$

ماهیچه و تکیه گاه

حجم ماهیچه با  $V_k$   $0.2 \times 0.2 \times 0.6 = 0.024 \text{ m}^3$

تکیه گاه

ارتفاع ماهیچه بدون  $600$   $50$   $50$   $500 \text{ mm}$

تکیه گاه

$500 \times \frac{1}{1000} \text{ m} = 0.5 \text{ m}$



تکیه گاه  
 $V' = 0.2 \times 0.2 \times 0.5 = 0.02 \text{ m}^3$  حجم ماهیچه بدون

مرحله ۳) نوشتن رابطه و محاسبه ریاضی

$$w_k = \rho_k g V_k$$

$$F_A = \rho' g V'_k$$

$$w'_k = w_k - F_A$$

$$w_k = 1200 \times 10 \times 0.024 \Rightarrow w_k = 288 \text{ N}$$

$$F_A = 7000 \times 0.02 \times 10 \Rightarrow F_A = 1400 \text{ N}$$

$$w'_k = 288 - 1400 \Rightarrow w'_k = -1112 \text{ N}$$

با توجه به اینکه نیروی وارد بر ماهیچه از طرف مذاب بیشتر از وزن حقیقی ماهیچه می باشد، وزن ظاهری ماهیچه منفی است که نشان دهنده این است که مذاب تمایل دارد ماهیچه را از محل خود در قالب به سمت بالا حرکت دهد.

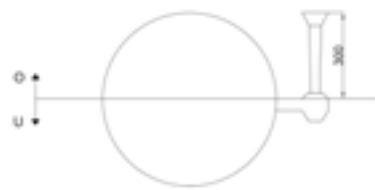
تمرین ۲۴-۵ با توجه به شکل زیر که قالبگیری یک قطعه به شکل نیمکره به قطر ۲۰۰ mm را نشان می دهد. چنانچه مذاب نوعی برنج به چگالی  $7000 \text{ kg/m}^3$  باشد، نیروی وارد بر کف و سطح فوقانی قالب را حساب کنید. ( $\pi = 3.14$  و  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



شکل ۵-۴۹

حل (توسط هنرجو):

مثال ۲۴-۵ با توجه به شکل زیر که قالبگیری یک قطعه کره‌ای شکل به قطر ۴۰۰ mm را نشان می دهد، چنانچه مذاب نوعی فولاد ریختگی به چگالی  $7000 \text{ kg/m}^3$  باشد، نیروی وارد بر کف و سطح فوقانی قالب را حساب کنید. ( $\pi = 3.14$  و  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



شکل ۵-۴۸

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها :

داده‌ها	خواسته‌ها
$d = 400 \text{ mm}$	
$H = 300 \text{ mm}$	
$\rho = 7000 \text{ kg/m}^3$	$F_N ?$
$g = 10 \text{ m/s}^2$	$F'_N ?$
$\pi$	$\pi$

مرحله (۲) به دست آوردن حجم محصور بین سطح فوقانی تا سطح جدایش درجه‌ها و حجم محصور بین سطح تحتانی و سطح جدایش.

با توجه به اینکه شکل قطعه کروی است حجم محصور بین سطح فوقانی تا سطح جدایش درجه‌ها با حجم محصور بین سطح تحتانی و سطح جدایش درجه برابر حجم نیمکره است.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$r = 200 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow r = 0.2 \text{ m}$$

$$V_s = \frac{4}{3} \pi \times (0.2)^3 \Rightarrow V_s = 0.032 \text{ m}^3$$

= حجم محصور بین سطح فوقانی و سطح جدایش

حجم محصور بین سطح جدایش و سطح تحتانی قالب

چون هر کدام نصف کره می‌باشند.

$$V = \frac{V_s}{2} = \frac{0.032}{2} \Rightarrow V = 0.016 \text{ m}^3$$

مرحله (۳) محاسبه مساحت سطح مستوی موازی با

سطح آزاد مذاب

نکته : این سطح به شکل دایره با شعاع کره است.

$$A' = \pi r^2 \Rightarrow A' = \pi \times (0.2)^2 \Rightarrow A' = 0.1256 \text{ m}^2$$

مرحله ۴) نوشتن رابطه مربوطه

$$h_m = H - \frac{V}{A'}$$

$$h_m = H + \frac{V}{A'}$$

نیروی وارد بر سطح فوقانی و تحتانی

$$F_N = \rho g \cdot h_m \cdot A'$$

مرحله ۵) محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب

$$h_m = H - \frac{V}{A'}$$

$$H = 300 \text{ mm} = 300 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) = 0.3 \text{ m}$$

$$h_m = 0.3 - \frac{0.016}{0.12} \Rightarrow h_m = 0.167 \text{ m}$$

$$F_N = 7000 \times 10 \times 0.167 \times 0.12 \Rightarrow$$

$$F_N = 1402.8 \text{ N}$$

مرحله ۶) محاسبه نیروی وارد بر سطح تحتانی

قالب

$$h_m = H + \frac{V}{A'}$$

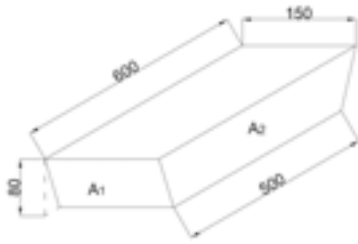
$$h_m = 0.3 + \frac{0.016}{0.12} \Rightarrow h_m = 0.43$$

$$F'_N = 7000 \times 10 \times 0.43 \times 0.12$$

$$F'_N = 3612 \text{ N}$$

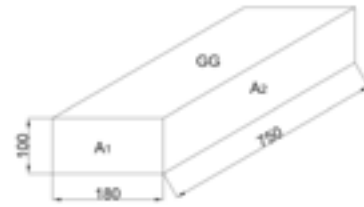
تمرین ۲۵-۵) مطلوبست محاسبه و تعیین نیروهای وارد بر سطح  $A_1$  و  $A_2$  و کف قالب شکل زیر در صورتی که ارتفاع راهگاه  $250 \text{ mm}$  و مذاب از فولاد با چگالی  $7200 \text{ kg/m}^3$  باشد. ( $10 \text{ m/s}^2$ )

مثال ۲۵-۵) مطلوبست محاسبه و تعیین نیروهای وارد بر سطوح  $A_1$  و  $A_2$  و کف قالب شکل زیر در صورتی که ارتفاع راهگاه  $300 \text{ mm}$  و مذاب از چدن خاکستری با چگالی  $6500 \text{ kg/m}^3$  باشد. ( $10 \text{ m/s}^2$ )



شکل ۵-۵۱

حل (توسط هنجرجو):



شکل ۵-۵۰

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

داده‌ها	خواسته‌ها
$H = 300 \text{ mm}$	A سطح کف قالب ?
$h' \text{ ارتفاع قطعه } 100 \text{ cm}$	$A_1$ ? $A_p$ ?
$\rho \ 6500 \text{ kg/m}^3$	$f_1$ ?
$g \ 10 \text{ m/s}^2$	$f_p$ ?
	$f$ ?

مرحله (۲) به دست آوردن مساحت سطح  $A_1$  و  $A_p$  و  $A_N$

$$A_1 \ 180 \times 100 \ 18000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 \ 18000 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A_1 \ 0.18 \text{ m}^2}$$

$$A_p \ 750 \times 100 \ 75000 \text{ mm}^2$$

$$A_p \ 75000 \times \left( \frac{1}{1000} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A_p \ 0.75 \text{ m}^2}$$

$$A \ 750 \times 180 \ 135000 \text{ mm}^2$$

$$A \ 135000 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right)^2 \Rightarrow \boxed{A \ 0.135 \text{ m}^2}$$

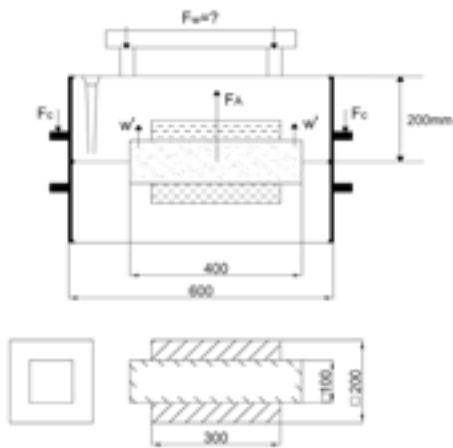
مرحله (۳) نوشتن رابطه مربوطه:

: نیروی وارد بر جداره جانبی قالب

$$F_s \ \rho \cdot g \cdot h_s \cdot A'$$

	<p> <math>A_p</math> و <math>A_1</math> برای اندازه‌های <math>h_s</math> <math>H + \frac{h'}{2}</math>  نیروی وارد بر کف قالب : </p> $F = \rho g h A$ $h = H + h'$ <p>مرحله ۴) جای گذاری مقادیر معلوم در رابطه به دست آمده نیروهای وارد بر سطوح <math>A_p</math> و <math>A_1</math></p> $h_{s_1} = 300 + \frac{100}{2} \Rightarrow h_{s_1} = 350 \text{ mm}$ $h_{s_1} = 350 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow h_{s_1} = 0.35 \text{ m}$ $h_{s_p} = 300 + \frac{100}{2} \Rightarrow h_{s_p} = 350 \text{ mm}$ $h_{s_p} = 350 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow h_{s_p} = 0.35 \text{ m}$ $F_{s_1} = 6500 \times 10 \times 0.35 \times 0.18 \Rightarrow F_{s_1} = 409.5 \text{ N}$ $F_s = 6500 \times 10 \times 0.35 \times 0.075 \Rightarrow F_s = 170.625 \text{ N}$ <p>مرحله ۵) جای گذاری مقادیر داده‌ها در روابط نیروی وارد بر کف قالب و محاسبه ریاضی</p> $h = 300 + 100 = 400 \text{ mm}$ $h = 400 \times \left( \frac{1}{1000} \text{ m} \right) \Rightarrow h = 0.4 \text{ m}$ $F_N = 6500 \times 10 \times 0.4 \times 0.135 \Rightarrow F_N = 3510 \text{ N}$
<p>تمرین ۲۶-۵ شکل زیر نقشه قالب و تصویر افقی یک قطعه چدنی را نشان می‌دهد. اگر چگالی مذاب چدن <math>7600 \text{ kg/m}^3</math> باشد، اندازه وزنه‌ای که باید روی درجه قرار گیرد، چند کیلوگرم نیرو خواهد بود. در صورتی که درجه فوقانی به شکل مکعب مستطیل با ابعاد داخلی <math>200 \times 500 \times 600</math> میلی‌متر و وزن <math>40 \text{ kgf}</math> باشد</p>	<p>مثال ۲۶-۵ شکل زیر نقشه قالب و تصویر افقی یک قطعه چدنی را نشان می‌دهد. اگر چگالی مذاب چدن <math>7800 \text{ kg/m}^3</math> باشد، اندازه وزنه‌ای که باید روی درجه قرار گیرد، چند کیلوگرم نیرو خواهد بود. در صورتی که درجه فوقانی به شکل مکعب مستطیل با ابعاد داخلی <math>300 \times 400 \times 700</math> میلی‌متر و وزن <math>50 \text{ kgf}</math> باشد.</p>

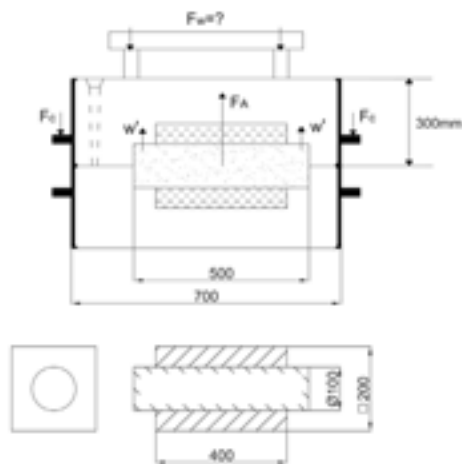
(چگالی ماسه فشرده و مرطوب درجه فوقانی  $1400 \text{ kg/m}^3$  و چگالی ماسه ماهیچه  $1500 \text{ kg/m}^3$  و ضریب اطمینان وزنه‌گذاری  $1/5$ ،  $g = 10 \text{ m/s}^2$  و  $\pi = 3$  فرض می‌شود سیستم راهگاهی از ماسه پر می‌شود.)



شکل ۵-۵۳

حل (توسط هنرجو):

(چگالی ماسه فشرده و مرطوب درجه فوقانی  $1500 \text{ kg/m}^3$  و چگالی ماسه ماهیچه  $2000 \text{ kg/m}^3$  و ضریب اطمینان وزنه‌گذاری  $1/5$ ،  $g = 10 \text{ m/s}^2$  و  $\pi = 3$  فرض می‌شود سیستم راهگاهی از ماسه پر می‌باشد.)



شکل ۵-۵۲

حل:

مرحله (۱) داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$\rho$ چدن $7800 \text{ kg/m}^3$	? $F_N$ نیروی وارد بر سطح فوقانی
وزن درجه فوقانی = $50 \text{ Kgf}$	? $F_A$ نیروی ارشمیدس وارد بر ماهیچه
$\rho_1$ ماسه فشرده و مرطوب $2000 \text{ kg/m}^3$	? $w_k$ وزن حقیقی ماهیچه
$\rho_2$ ماسه ماهیچه $1500 \text{ kg/m}^3$	? $F_C$ وزن درجه و محتوای آن
ضریب اطمینان $= 1/5$	? $F_w$ اندازه وزنه
$g = 10 \text{ m/s}^2$	
$\pi = 3$	

مرحله ۲) نوشتن رابطه

$$F_w = 1/\delta(F_N + F_A - w_k) - F_C$$

مرحله ۳) محاسبه  $F_N$  نیروی وارد بر سطح فوقانی

قالب.

با توجه به اینکه قطعه مکعب مستطیل است، سطح فوقانی

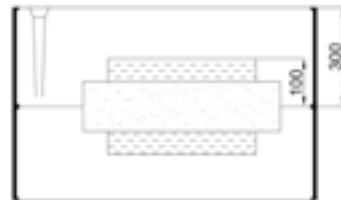
قالب به شکل مستطیل به ابعاد  $200 \times 400$  میلی متر است.

بنابراین رابطه  $F_N$  برای سطوح مستوی خواهیم داشت :

$$F_N = \rho g h A$$

$$A = \text{طول} \times \text{عرض} = 200 \times 400 = 80000 \text{ mm}^2$$

$$A = 80000 \times \left( \frac{1}{1000000} \text{ m}^2 \right) \Rightarrow A = 0.08 \text{ m}^2$$



شکل ۱-۵۲-۵

$h = 300 - 100$  فاصله سطح فوقانی از سطح آزاد مذاب

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$h = 200 \times \frac{1}{1000} \text{ m}$$

$$h = 0.2 \text{ m}$$

$$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 \text{ چدن}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_N = 7800 \times 10 \times 0.2 \times 0.08 \Rightarrow F_N = 12480 \text{ N}$$

مرحله ۳) محاسبه  $F_A$  نیروی ارشمیدس وارد بر

ماهیچه که به سمت بالا است.

$F_A = \rho g \cdot V_p'$  نیروی ارشمیدس وارد بر ماهیچه

$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$  و  $g = 10 \text{ m/s}^2$  چدن

$V_p'$  حجم قسمتی از ماهیچه که در مذاب غوطه‌ور است.

سطح مقطع ماهیچه  $\times$  طول قطعه

$$\text{طول قطعه } 400 \text{ m} \quad 400 \times \frac{1}{1000} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{قطر ماهیچه } 100 \text{ mm} \quad 100 \times \frac{1}{1000} = 0.1 \text{ m}$$

$$V_p' = 0.4 \times \frac{\pi \times (0.1)^2}{4} = \frac{0.4 \times \pi \times (0.1)^2}{4}$$

$$V_p' = 0.00314 \text{ m}^3$$

$$F_A = 7800 \times 10 \times 0.00314 \Rightarrow F_A = 24492 \text{ N}$$

مرحله (۴) محاسبه  $w_k$  وزن حقیقی ماهیچه

$$w_k = \rho_r g V_p$$

$$\rho_r = 1500 \text{ kg/m}^3, g = 10, \pi = 3$$

سطح مقطع ماهیچه  $\times$  طول ماهیچه = حجم کل ماهیچه

$$\text{طول ماهیچه } 500 \quad 500 \times \frac{1}{1000} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{قطر ماهیچه } 0.1 \text{ m}$$

$$V_p = 0.5 \times \frac{\pi \times (0.1)^2}{4} = \frac{0.5 \times \pi \times 0.01}{4}$$

$$V_p = 3.927 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$w_k = 1500 \times 10 \times 3.927 \times 10^{-3} \Rightarrow w_k = 58.905 \text{ N}$$

مرحله (۵) محاسبه  $F_C$  : وزن لنگه درجه فوقانی

محتوی ماسه لنگه درجه فوقانی از خود درجه و ماسه

محتوی آن تشکیل شده است. بنابراین باید وزن ماسه

مرطوب فشرده شده را به دست آورد. با توجه به اینکه



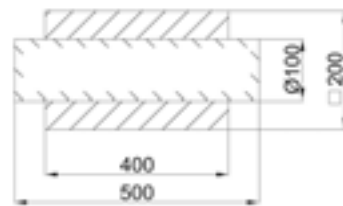
چگالی ماسه فشرده داده شده است با استفاده از حجم ماسه فشرده مرطوب می‌توان جرم وزن ماسه را نیز به‌دست آورد. برای به‌دست آوردن حجم ماسه باید حجم واقعی درجه را از نصف حجم مذاب و ماهیچه کم کرد. بنابراین ابتدا حجم واقعی درجه محاسبه می‌شود و ابعاد درجه عبارتند از  $700 \times 400 \times 300 \text{ mm}$

$$700 \text{ mm} \quad 700 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \quad 0.7 \text{ m}$$

$$400 \text{ mm} \quad 400 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \quad 0.4 \text{ m}$$

$$300 \text{ mm} \quad 300 \times \frac{1}{1000} \text{ m} \quad 0.3 \text{ m}$$

حجم داخلی درجه  $0.7 \times 0.4 \times 0.3 = 0.084 \text{ m}^3$   
 سپس حجم کل قطعه و ماهیچه را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۲-۵۲-۵

مطابق شکل قطعه مکعب مستطیل است که حجم آن از مساحت قاعده  $\times$  ارتفاع به‌دست می‌آید که دو ریشه ماهیچه استوانه‌ای شکل در دو طرف آن وجود دارد که حجم آنها نیز به‌دست می‌آید.

حجم قطعه مکعب  $400 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$

مستطیل

$$0.4 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 0.016 \text{ m}^3$$

برای به‌دست آوردن حجم دو ریشه ماهیچه کافی است

سطح ماهیچه را حساب کنیم و در طول دو ریشه ماهیچه ضرب کنیم. طول دو ریشه ماهیچه برابر است با طول ماهیچه منهای طول قطعه.

$$\text{قطر ماهیچه } 100 \text{ mm} \quad 100 \times \frac{1}{1000} \text{ m} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{حجم دو ریشه ماهیچه} \quad \frac{\frac{1}{2} \pi \times (0.1)^2}{4} \times (0.5 - 0.4)$$

ماهیچه

$$\text{حجم دو ریشه ماهیچه} \quad \frac{\frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.1^2}{4} \times 0.1 = \boxed{3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

ریشه ماهیچه

بنابراین حجم کل قطعه با ماهیچه برابر است با:

$$0.016 + 3.14 \times 10^{-4} = 1.6314 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

حال برای به دست آوردن حجم ماسه تر کافی است که

حجم داخلی درجه را از نصف حجم کل قطعه با ماهیچه کم نمود.

$$\text{حجم ماسه} \quad V_1 = 0.016 - \frac{1}{2} (1.6314 \times 10^{-2})$$

$$V_1 = 0.00839 \text{ m}^3$$

حال برای به دست آوردن حجم ماسه کافی است که در

چگالی ماسه تر و شتاب و جاذبه ضرب شود.

$$\text{وزن ماسه} \quad \rho_1 \times V_1 \times g$$

$$\text{وزن ماسه} \quad 2000 \times 0.00839 \times 10 = 1678 \text{ N}$$

برای به دست آوردن  $F_C$  باید وزن درجه با وزن ماسه را

جمع کرد.

وزن درجه

$$50 \text{ kgf} \quad 50 \times (1 \text{ kgf}) \quad 50 \times (1 \times 10 \text{ N}) \quad 500 \text{ N}$$

$$F_C = \text{وزن ماسه} + \text{وزن درجه} = 1678 + 500$$

$$\boxed{F_C = 2178 \text{ N}}$$

مرحله ۶ محاسبه  $F_w$  مقدار وزنه

$$F_w = \frac{1}{5} (F_N + F_A - w_k) - F_C$$

$$F_w = 1/5(1428 + 2430 \cdot 56/25) = 2178$$

$$F_w = 3524/625 \text{ N}$$

$$F_w = 3524/625 \times (1 \times \text{N}) = 3524/625 \times \left(\frac{1}{10} \text{ kgf}\right)$$

$$F_w = 352/4625 \text{ kgf}$$