فصل پنجم

فشار مذاب روی قالب

در این فصل هنرجویان با مفهوم فشار و روابط فشار درون مایعات آشنا شده و محاسبات مربوط به فشار را با توجه به قانون پاسکال انجام می‌دهند و محاسبات فشار مربوط به سطوح مختلف قالب، اعم از مستوی و غیرمستوی (سطح جانبی، سطح کف، سطح بالایی) را انجام می‌دهند و همچنین نیروی وارد بر درجه فوقانی را با توجه به روابط آموخته شده انجام داده و وزن وزنه درجه را جهت بلند نشدن پس از بارریزی محاسبه می‌کنند. هنرجویان با نیروی ارشمیدس آشنا شده و محاسبات آن را برروی ماهیچه و قالب و تکیه‌گاه‌های ماهیچه می‌تواند انجام دهد و همچنین با توجه به نیروی ارشمیدوس، وزن حقیقی و وزن ظاهری را محاسبه می‌کنند.

دانسته‌های قبلی

هنرجویان در درس فیزیک با مفهوم فشار آشنا شده و در سال دوم در درس محاسبات فنی عمومی محاسبه وزن حقیقی و اصطلاح نیرو وارد بر اجسام را و همچنین می‌توانند مساحت و حجم سطوح مختلف اشکال هندسی را محاسبه نمایند.

واژه‌ها و اصطلاحات اصلی درس

فشار: خارج قسمت نیرو بر سطح زمین

نیروی ارشمیدوس: هنگامی که جسمی در داخل سیالی قرار گیرد به اندازه وزن سیال هم حجم جسم از وزن آن کاسته می‌شود که به آن نیروی ارشمیدوس گویند.

وزن ظاهری: اگر جسمی با وزن مشخص در داخل یک سیال غوطه‌ور شود نیروی ارشمیدوس به این وزن نیرویی وارد می‌کند که تفاضل این دو نیرو را وزن ظاهری می‌گویند.

حالت‌های مختلف وزن ظاهری:

اگر $\rho > \rho'$ باشد جسم در مایع سقوط می‌کند.

اگر $\rho = \rho'$ باشد جسم در مایع غوطه‌ور می‌ماند.

اگر $\rho < \rho'$ باشد جسم در مایع شناور می‌ماند.

جدول زمان‌بندی پیشنهادی درس محاسبات فنی تخصصی رشته متالورژی فصل پنجم

شماره هفته	فصل	عنوان	صفحات	محل انجام فعالیت
هجدهم	پنجم	روابط فشار درون سیال قانون پاسکال و فشار متالواستاتیک فلزات	۹۱ــ۸۶	در کلاس
نوزدهم	پنجم	محاسبه نیروهای وارد از طرف مذاب بر دیواره و کف قالب و محاسبه نیروی در سطوح شیب‌دار و قوسی	۹۶ــ۹۳	در کلاس
بیستم	پنجم	نیروی وارد بر جداره اطراف قالب و بر درجه فوقانی و نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمسطح قالب	۱۰۱ــ۹۶	در کلاس
بیست و یکم	پنجم	رابطه نیروی ارشمیدسی و وزن اجسام در داخل سیالات و محاسبه نیروی وارده از طرف مذاب بر ماهیچه و تکیه‌گاه‌های آن	۱۰۸ــ۱۰۱	در کلاس
بیست و دوم	پنجم	محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه و حل تمرینات	۱۰۸ الی ۱۱۰	در کلاس
بیست و سوم	پنجم	حل تمرینات باقیمانده فصل، رفع اشکال و توضیحات اضافه به همراه حل مسائل جهت رفع ابهامات و امتحان دوره‌ای فصل پنجم		در کلاس

هدف کلی این درس

فشار و نیروهای وارد بر قالب از طرف مذاب را تعریف و محاسبات مربوط را انجام دهد.

هفته هجدهم: روابط فشار درون سیال و قانون پاسکال و فشار متالواستاتیک فلزات

جلسه درس مربوط به صفحات ۸۶ الی ۹۱ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ حضور و غیاب هنرجویان و تشویق آنان به درس خواندن

۲ـ روابط فشار درون سیال (مایع)

۳ـ روابط وزن و جرم و چگالی و نیرو و واحدها (یکاهای)

۴ـ تبدیل واحد چند عدد

۵ـ قانون پاسکال و روابط فشار درون سیال (مایع)

۶ـ فشار متالواستاتیک فلزات (فشار نسبی)

۷ـ حل مثال بر روی تابلو

۸ـ جمع‌بندی درسی و مشخص کردن تکالیف درسی برای جلسات آتی هنرجویان

قسمت اول درس

پس از استقرار هنرجویان و انجام حضور و غیاب، هدف کلی این بخش برای هنرجویان توضیح داده می‌شود.

ـ وقتی مذاب به داخل قالب ریخته می‌شود، به‌خصوص وقتی چگالی مذاب بالا می‌باشد و ابعاد قطعه بزرگ است به تمام قسمت‌های قالب فشار زیادی وارد می شود.

هنرآموز، به فشار آب درون استخر اشاره می‌کند و تجربه‌ای که احتمالاً بسیاری دارند که هرچقدر به عمق‌های پایین‌تری در آب استخر می‌روند به گوش آنها فشار بیشتری وارد می‌شود و ممکن است گوششان درد بگیرد.

ـ این فشار وارده ممکن است به‌قدری زیاد باشد که قالب را له کند و فرورفتگی‌هایی را در آن به‌وجود آورد و قطعه را از شکل بیندازد. در این موارد باید قالب را کاملاً مستحکم ساخت. این فشار که به فشار متالواستاتیک مشهور است، (متالواستاتیک یعنی فشار فلز مداب) ممکن است دو اثر دیگر هم داشته باشد. یکی اینکه درجه رویی را ازجا بلند کند و یا اینکه ماهیچه را بشکند.

هنرآموز در این‌خصوص توضیح کافی می‌دهد و به‌ترتیب لیست مشکلات ایجاد شده در هنگام بالا بودن فشار متالواستاتیک را بر تخته می‌نویسد.

۱ـ دفرمه شدن قالب

۲ـ بلند شدن درجه رویین (باز شدن درجه اگر خط جدایش عمودی باشد.)

۳ـ جابه‌جا شدن یا شکستن ماهیچه

و بیان می‌کند که برای جلوگیری از این مشکلات باید بتوانیم فشارها ونیروهای وارد بر جهات مختلف قالب را حساب کنیم و پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری را انجام دهیم. مثلاً وزنه روی قالب بگذاریم یا استحکام قالب

و ماهیچه را افزایش دهیم.

هنرآموزان توجه دارند و در صورت صلاحدید در کلاس تذکر می‌دهند که دانستن مسائل و قوانین مربوط به مایعات در موارد مختلفی از ریخته‌گری استفاده می‌شود. نحوه پرشدن قالب از مذاب، مقاطع سیستم‌های راهگاهی و منابع تغذیه، فشار مذاب بر دیواره قالب، خروج گازها تحت تأثیر فشار مذاب و توزیع تخلخل و انقباضات پراکنده ناشی از انجماد و تغییر و تحولات ناشی از انجماد مواد مذاب در درون قالب و تبدیل مایع به بلورهای جامد از جمله مسائلی می‌باشد که از قوانین حاکم بر مایعات و سیالات پیروی می‌نمایند.

گرچه شرایط حاکم بر مذاب درون قالب به‌گونه‌ای است که در هر لحظه ویسکوزیته و سیالیت متغیری را دارا می‌باشد، استفاده از واژه سیال درباره آن ممکن است عینیت پیدا ننماید معهذا، قسمت اعظم قوانین حاکم بر علومی همچون تعادل و حرکت مایعات می‌تواند در مورد مذاب وارد شده به قالب و یا مذاب درون قالب ارتباط داشته باشد.

قسمت دوم درس: تعریف فشار و رابطه آن در درون مایع

فشار عبارت است از نیروی وارد بر واحد یک سطح معین، براساس این تعریف

$$P = \frac{F}{A}$$

که در آن P فشار، F نیرو و A سطح می‌باشد.

لذا فشار در داخل مایع برابر است با وزن ستونی از مایع (نیروی وارده) بر سطح قاعده آن یعنی:

$$\text{فشار} = \frac{\text{وزن ستون مذاب}}{\text{سطح قاعده}} = \frac{\text{وزن مخصوص} \times \text{ارتفاع} \times \text{سطح قاعده}}{\text{سطح قاعده}}$$

$$P = \frac{A \times h \times d}{A} \Rightarrow P = h \times d$$

در این رابطه P فشار مایع در عمق h از سطح آزاد مایع و d وزن مخصوص مایع می‌باشد.

از طرفی $d = \rho.g$ و لذا رابطه فشار داخل مایعات را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$P = \rho.g.h$$

به‌طوری که ملاحظه می‌شود فشار درون مایع فقط، به وزن مخصوص و عمق نقطه موردنظر تا سطح آزاد بستگی دارد.

دانستنی‌های معلم

واحد نیرو در سیستم SI از قانون دوم نیوتن به دست می‌آید و عبارت است از نیروی لازم برای

ایجاد شتابی برابر یک متر بر مجذور ثانیه ($1m/s^2$) در یک کیلوگرم از ماده که به اختصار نیوتن (N) نامیده می‌شود. شتاب ثقل در این سیستم برابر ($9/8m/s^2$) بوده و بنابراین وزن یک کیلوگرم جرم در روی سطح زمین برابر است با:

$$F = m.g \qquad 1(kg) \times 9/81(m/s^2) = 9/81(N)$$

پس به راحتی می‌توان نشان داد فشار نقطه‌ای از درون مایع برابر است با حاصل‌ضرب چگالی مایع، شتاب ثقل زمین (g) و عمق نقطه موردنظر تا سطح آزاد سیال (h). پس می‌توان نوشت:

قسمت سوم درس: رابطه وزن و جرم

$$\left.\begin{array}{l} w = mg \\ m = \rho.v \\ w = v.d \end{array}\right\} \Rightarrow v.d = \rho v.g \qquad d = \rho.g$$ رابطه وزن مخصوص و چگالی:

و چون از قبل داشتیم $P = h.d$

پس:

$$P = \rho \times g \times h$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1N}{1m^2}$$

از طرفی با توجه به تعریف فشار می‌توان نوشت:

در کلاس مثال‌هایی برای محاسبه فشار در ارتفاع‌های مختلف مایعات و مذاب‌ها حل گردد و نتایج با یکدیگر در سر کلاس مقایسه گردد. نمونه‌ای از مثال‌ها عبارتند از:

۱ـ مطلوب است تعیین فشار در عمق ۱متری، ۵ متری و ۱۰متری آب (استخر). دانسیته آب $1000kg/m^3$ درنظر گرفته شود.

۲ـ مطلوب است محاسبه فشار در عمق ۲۰ سانتیمتری در داخل مذاب آلومینیوم. (دانسیته مذاب آلومینیوم $2500kg/m^3$)

۳ـ فشار در کف قالبی که در آن مذاب چدن ریخته شده است و ارتفاع مذاب در کل ۲۰ سانتیمتر است، چقدر می‌باشد؟ (دانسیته مذاب چدن $6500kg/m^3$)

در نمونه اول تأکید بر نشان دادن تأثیر ارتفاع در میزان فشار است و در دو نمونه دیگر اثر دانسیته (نوع مذاب) بر فشار نشان داده می‌شود.

قسمت چهارم درس: یکاهای فشار و تبدیل آنها به واحدهای دیگر

$$F = p.A = \frac{N}{m^2} \times m^2 = N$$

$$1Pa = \frac{1N}{1m^2} = \frac{\frac{1}{9/8066}kgf}{10^4 cm^2}$$

$$1Pa = 1/02 \times 10^{-5}\ kgf/cm^2$$

$$1Pa = 1/02 \times 10^{-5} \times 10^3\ gf/cm^2 \Rightarrow 1Pa = 1/02 \times 10^{-2}\ gf/cm^2$$

$$1Pa = 1/02 \times 10^{-2}\ gf/cm^2 = 76cmHg = 760mmHg = 29/92inHg = 14/2Psi = 10mH_2O$$

$$1lbf/ft^2 = 14/2Psi$$

$$1N/m^2 = 10dyne/cm^2$$

$$1dyne = 10^{-5}N$$

مثال: مقادیر $2\times10^{-6}gf/cm^2$ و $24Pa$ را به ترتیب به پاسکال و کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع تبدیل واحد کنید.

حل:

$1Pa$ $\quad$ $1/02 \times 10^{-2}\ gf/cm^2$

X $\quad$ $2\times10^{-6}\ gf/cm^2$

$$x = \frac{2\times10^{-6}\ gf/cm^2 \times 1Pa}{1/02\times10^{-2}\ gf/cm^2} = 1/96078\times10^{-4}\ Pa$$

$1Pa$ $\quad$ $1/02\times10^{-5}\ K\,gf/cm^2$

$24Pa$ $\quad$ $x = \frac{24Pa \times 1/02\times10^{-5}\ kgf/cm^2}{1Pa} = 2/448\times10^{-4}\ kgf/cm^2$

ـ با مفهوم فشار و نحوه محاسبه آن در داخل مایعات آشنا شدید. در این جلسه شما را به مفهوم فشار نسبی و فشار مطلق آشنا می‌کنیم. شما می‌دانید که برروی کره زمین که زندگی می‌کنیم فشار هوا همواره بر روی ما می‌باشد. می‌دانید این فشار چقدر است؟

ـ یک اتمسفر

ـ یک اتمسفر چند پاسکال است؟

ـ ... نمی‌دانیم و ...

ـ یک اتمسفر برابر ۱۰۱۳۲۵ پاسکال است.

$1atm = 101325\ Pascal$

این مقدار فشار بر روی تمام اشیای روی زمین است. این فشار ناشی از وزن هوای بالای زمین بر زمین

می‌باشد. فکر می‌کنید آیا فشار جو در بالای کوه کمتر است یا در یک دشت؟

ـ بر روی کوه چون مقدار هوای بالای آن ارتفاع کمتری دارد.

ـ درست است. خوب برگردیم به درس، و آن اینکه در مسائلی که امروز حل کردیم این فشاری که بالای مذاب از طرف جو وارد می‌شود را درنظر نگرفتیم بنابراین ما فشار کل در مذاب را نداشتیم. در این حالت که فشار اتمسفر را در محاسبات درنظر نمی‌گیریم عدد به‌دست آمده را فشار نسبی می‌گوییم. در صورتی که بخواهیم فشار کل را محاسبه کنیم باید فشار اتمسفر را به فشار نسبی اضافه کنیم. به این فشار، فشار مطلق می‌گویند.

هنرآموز روی تخته می‌نویسد:

فشار نسبی + فشار اتمسفر = فشار مطلق

ـ در ریخته‌گری عموماً از فشار نسبی در محاسبات استفاده می شود. بنابراین، این مباحث در اینجا فقط جهت اطلاع می‌باشد و در عمل چندان به‌کار نمی‌آید.

پس از این موارد درسی به شرح زیر در کلاس بیان می‌گردد.

قسمت پنجم درس: قانون پاسکال و روابط فشار درون سیال (مایع)

در صورت معلوم بودن فشار در نقطه معینی در داخل سیال آرام و در حال تعادل به راحتی می‌توان فشار نقطه دیگر را که با آن نقطه اختلاف ارتفاع مشخصی دارد را به دست آورد یعنی: $P_2 = P_1 + \rho \times g \times \Delta H$

ρ : چگالی سیال برحسب kg/m^3

g : شتاب ثقل برحسب m/s^2

$\Delta h = h_1 - h_2$: اختلاف ارتفاع دو نقطه ۱ و ۲ برحسب m

P_1 : فشار در نقطه اول

P_2 : فشار در نقطه دوم

قسمت ششم درس

با توجه به این معادله فشار در تمام نقاط هم‌ارتفاع درون مایع یکسان می‌باشد. و به‌طور کلی برای تعیین فشار در یک نقطه غیرمشخص می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

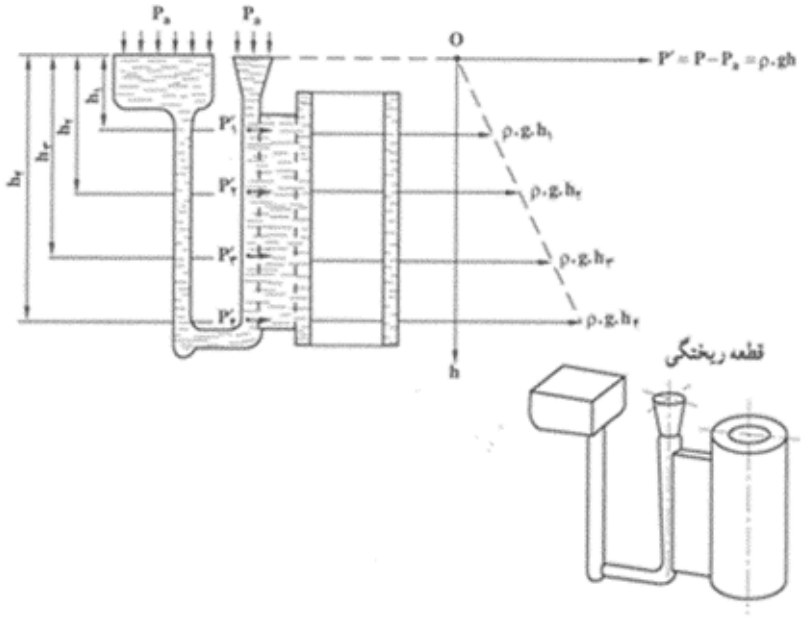
$$P = P_0 + \rho \times g \times h$$

h : ارتفاع نقطه موردنظر تا سطح آزاد سیال

$\rho \times g \times h$: فشار متالواستاتیک فلزات، که مشخص کننده فشار نسبی نقطه‌ای به ارتفاع h تا سطح آزاد مذاب است، چون اکثراً فشار خارجی که بر روی سطح آزاد اعمال می‌شود فشار اتمسفر می‌باشد: ($P_0 = P_a$) پس خواهیم داشت:

رابطه فشار نسبی مذاب $P - P_a = d \times h = \rho \times g \times h$

در این رابطه P مجموع فشار متالواستاتیک و فشار اتمسفر می‌باشد. با توجه به شکل۱-۱۸ می‌توان نتیجه گرفت هرچقدر عمق مذاب بیشتر می‌شود فشار متالواستاتیکی نیز افزایش می یابد.

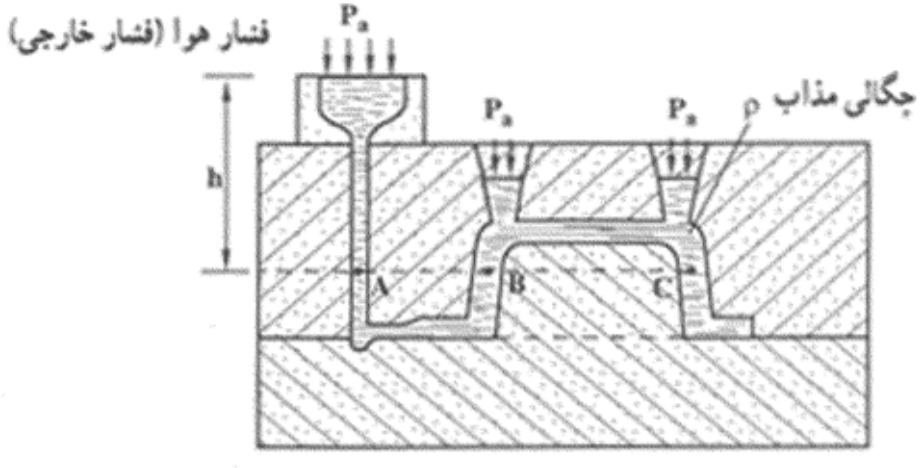


شکل۱-۱۸

نتیجه‌گیری از قانون پاسکال

۱ـ فشار همه نقاط سیال با عمق‌های یکسان، که در یک سطح افقی قرار دارند، مساوی و ثابت است، پس می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B = P_C = Pa + p.g.h$$



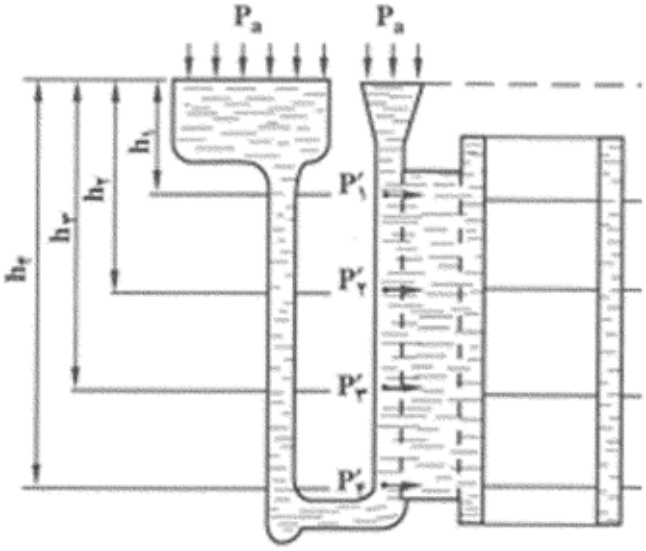
شکل۲-۱۸-فشار نقاط واقع بر روی یک سطح افقی قالب

۲ـ فشار هر نقطه داخل سیال برابر است با: $P = d.h = p.g.h$

دانستنی‌ها: در سیالات آرامی که متراکم نمی‌شوند. (مانند: آب، روغن و مذاب فلزات که در حد ناچیزی فشرده می‌شوند.) با افزایش در نقطه‌ای از سیال، این افزایش فشار بدون هیچ‌گونه تغییری به تمام نقاط ظرف و مایع منتقل می‌گردد. درخصوص فشار هوا نیز باید گفت، فشار یکسانی به همه نقاط قالب، به اندازه ۱atm وارد می‌شود که برای ریخته‌گری تحت فشار (Diecasting) مهم می‌باشد.

قسمت هفتم درس

مثال: فشار (نسبی) را در نقاط $p_۱$، $p_۲$، $p_۳$، $p_۴$ از شکل زیر را محاسبه کنید.



شکل۳-۱۸

$$h_۴ = ۳۵۰mm, h_۳ = ۳۰۰mm, h_۲ = ۲۵۰mm, h_۱ = ۲۰۰mm \quad \rho = ۶۵۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

$$P - P_a = d \times h = \rho \times g \times h$$

$$p_۱ = \rho \times g \times h_۱$$

$$P_۱ = (۶۵۰۰\frac{kg}{m^۳} \times ۹/۸\frac{m}{s^۲} \times ۰/۲m) = ۱۲۷۴۱Pa$$

$$P_۲ = (۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲۵) = ۱۵۹۲۶Pa$$

$$P_۳ = (۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳) = ۱۹۱۱۱Pa$$

$$P_۴ = (۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳۵) = ۲۲۲۹۶Pa$$

همین مثال را برای محاسبه فشار مطلق انجام دهید.

قسمت هشتم درس: جمع‌بندی

تأثیر فشار بر دیواره قالب، خروج گازها دراثر فشار مذاب و توزیع تخلخل و انقباضات پراکنده، ناشی از انجماد و تغییر حالت فیزیکی مایع به جامد از مسائلی هستند که از روابط حاکم بر مایعات و سیالات پیروی می‌کنند.

الف) فشار عبارت است از نیروی وارد بر سطح $P = \frac{F}{A}$

ب) روابط وزن و جرم، وزن مخصوص و چگالی و فشار $W = m \times g \Rightarrow V \times d = \rho \times V \times g \Rightarrow d = \rho \times g$

$P = \rho \times g \times h$

ج) واحد (یکا)های فشار

$$1Pa = \frac{1N}{1m^2} = \frac{\frac{1}{9/8}kgf}{10^4 cm^2}$$

$$1Pa = 1/02 \times 10^{-5}\ kgf/cm^2 = 1/02 \times 10^{-2}\ gf/cm^2$$

$$1Pa = 760mmHg = 14/2Psi$$

د) با داشتن فشار نقطه معینی در داخل سیال آرام و در حال تعادل به راحتی می‌توان فشار نقطه دیگر که با آن نقطه اختلاف معینی دارد را به‌دست آورد.

$$P_2 = P_0 + \rho \times g \times \Delta H$$

هـ) برای تعیین فشار در یک نقطه غیرمشخص می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد. $P = P_0 + \rho \times g \times h$

و) رابطه فشار نسبی مذاب $P - P_a = d \times h = \rho \times g \times h$

ز) فشار همه نقاط سیال با عمق‌های یکسان، که در یک سطح افقی قرار دارند، مساوی و ثابت است

ح) فشار هر نقطه داخل سیال برابر است با: $P = d \times h = \rho \times g \times h$

در انتها برای جلسه آینده چند مسئله به‌عنوان تکلیف داده می‌شود.

۱ـ فشار مذاب فولادی را در ارتفاع‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری براساس واحد پاسکال و kgf/cm^2 تعیین نمایید. (دانسیته فولاد $7500kg/m^3$ می‌باشد)

۲ـ فشار مذاب مس را در ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری براساس واحد پاسکال تعیین نمایید. (دانسیته مذاب مس را $8200kg/m^3$ فرض کنید) و تمرین‌هایی از قانون پاسکال و فشار متالواستاتیکی.

هفته نوزدهم: محاسبه نیروهای وارد از طرف مذاب بر دیواره و کف قالب و محاسبه نیروی در سطوح شیب‌دار و قوسی

جلسه درس مربوط به صفحات ۹۲ الی ۹۶ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ آزمون کلاسی و حضور و غیاب

۲ـ نیروی وارد از طرف مذاب بر جداره‌های قالب

۳ـ نیروی وارد بر کف قالب

۴ـ سطوح شیب‌دار و قوسی

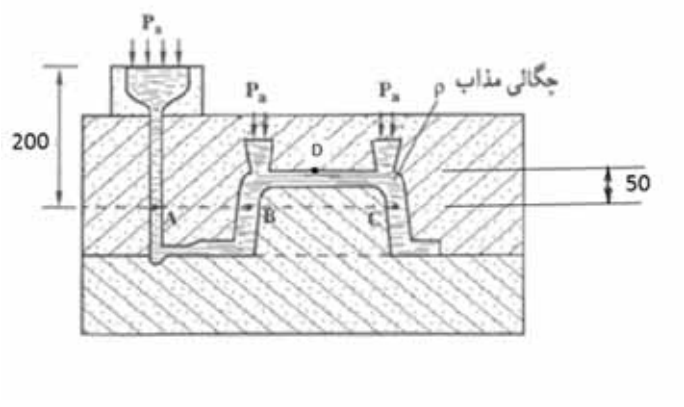
۵ـ جمع‌بندی مطالب درس داده شده و مشخص کردن تکالیف درسی، برای جلسات آتی هنرجویان

قسمت اول درس

پس از استقرار هنرجویان سؤال‌های آزمون توزیع شده و آزمون گرفته می‌شود.

نام و نام خانوادگی:

فشار (نسبی) در نقاط A، B، C و D را محاسبه نمایید. چگالی مذاب $۶۵۰۰ kgf/m^۳$ و شتاب ثقل را $۱۰ m/s^۲$ درنظر بگیرید.



شکل ۱-۱۹

پس از حضور و غیاب و جمع کردن اوراق آزمون به کمک هنرجویان آزمون و تکلیف منزل در کلاس حل می‌گردد.

قسمت دوم درس: رابطه نیروی وارد شده از طرف مذاب به جداره قالب

همان‌طور که جلسه قبل برای فشار تعریفی ارائه شد، برابر است با نیروی وارد بر واحد یک سطح معین، که از این رابطه مقدار نیروی وارد بر جداره‌های قالب برابر خواهد بود با:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \times A$$

$$P = \rho \times g \times h$$

$$P = \rho \times g \times h \times A$$

که در این رابطه:

ρ : چگالی سیال برحسب kg/m^3

g : گرانش با شتاب ثقل زمین $g = ۹/۸\ m/s^2$

h : ارتفاع نقطه موردنظر از مرکز فشار تا سطح آزاد سیال برحسب m

A : مساحت جداره موردنظر از سطوح قالب برحسب m^2

توضیح: سیال موردنظر در مباحث این کتاب مذاب است. جهت نیروی وارده، از طرف مذاب بر جداره‌های قالب، عمودی بوده که مطابق قانون نیوتن (هر عملی عکس‌العملی داشته برابر آن و در جهت خلاف آن) این مقدار نیرو با عکس‌العمل جداره قالب خنثی (اگر قالب به حد کافی استحکام داشته باشد.) می‌شود.

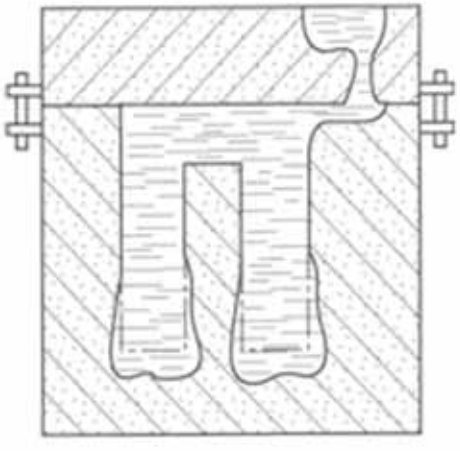
ـ اگر استحکام قالب کم باشد به‌نظر شما چه برسر قالب خواهد آمد؟

ـ قالب دفرمه می‌شود و بزرگ می‌شود.

ـ اگر کوبش یکنواخت نباشد؟

ـ در محل‌هایی که فشردگی کم است قالب فرومی‌رود و در محل‌هایی که فشردگی مناسب است جابه‌جایی صورت نمی‌گیرد.

ـ پس قالب را بایستی یکنواخت کوبید.



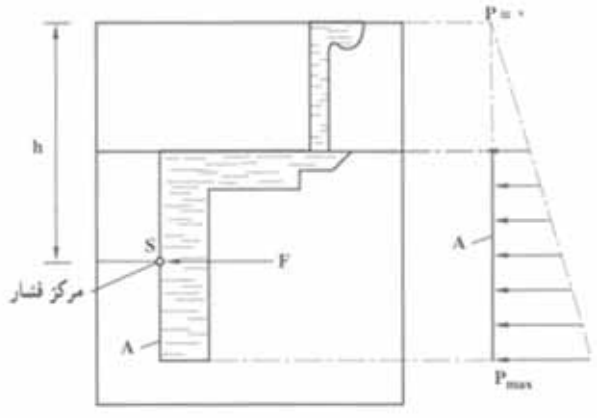
شکل۲-۱۹

ـ از طرف دیگر بایستی دقت کرد چنانچه فشردگی جداره قالب زیاد باشد، خروج گاز از قالب کاهش می‌یابد که باعث تجمع و تمرکز گازها در یک قسمت از قالب شده و سبب معیوب شدن قطعه ریختگی می‌شود و لذا باید

به نفوذپذیری گاز در جداره قالب دقت لازم داشته باشیم.

ـ در این فصل فرض بر این است که قالب‌ها به حدکافی و یکنواخت کوبیده شده است و تمرکز بر این است که قالب‌ها براثر نیروهای وارده از هم بازنشوند. چنانچه می‌دانید خط جدایش ممکن است افقی و یا عمودی باشد و لذا باید نیروهای عمود بر سطح جدایش را محاسبه کرد تا در صورت امکان باز شدن قالب، به نحو مقتضی جلوی آن را گرفت.

ـ دقت کنید که با افزایش عمق مذاب فشار بر قالب نیز افزایش می‌یابد. در شکل زیر بیشترین فشار برکف قالب و کمترین آن برسطح آزاد مذاب وارد می‌شود.



شکل۳-۱۹

با توجه به شکل فوق و خطی بودن تغییرات فشار در ارتفاعات مختلف برای به‌دست آوردن متوسط فشار کافی است فشار بالا و پایین را جمع و بر ۲ تقسیم کرد یعنی:

$$P = (\rho \times g \times h_1 + \rho \times g \times h_2) / 2$$

با فاکتورگیری از پارامترهای مشترک خواهیم داشت:

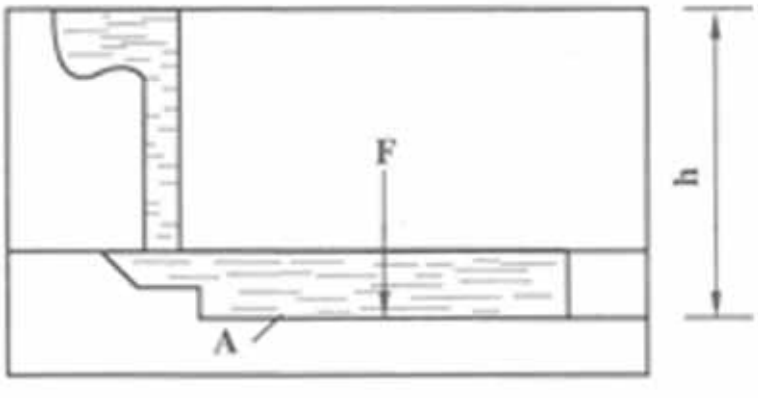
$$P = \rho \times g \times (h_1 + h_2) / 2$$

مقدار برابر $(h_1 + h_2) / 2$ ارتفاع متوسط است با h_m نشان داده می‌شود و با قرار دادن در معادله خواهیم داشت:

$$F = \rho \times g \times h_m \times A$$

قسمت سوم درس: نیروی وارد بر کف قالب

در شکل صفحه بعد مقدار نیروی وارد بر کف قالب را می‌توان از رابطه $F = \rho \times g \times h \times A$ به‌دست آورد.



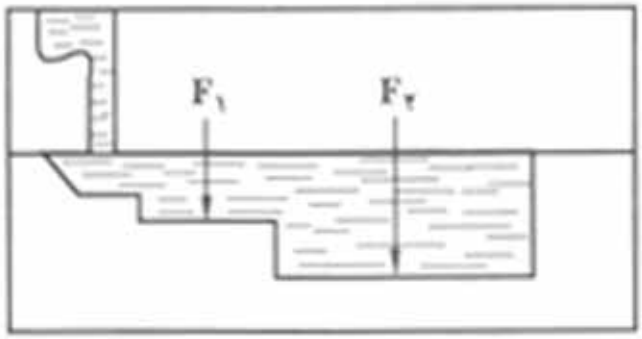
شکل۴-۱۹

A : مساحت کف قالب برحسب m^2

h : ارتفاع کف قالب تا سطح آزاد مذاب برحسب m

$\rho \times g$: وزن مخصوص مذاب

اگر کف قالب مانند شکل زیر از چند سطح با ارتفاع‌های مختلف تا سطح آزاد باشد مقدار این نیرو برابر است با:



شکل۵-۱۹

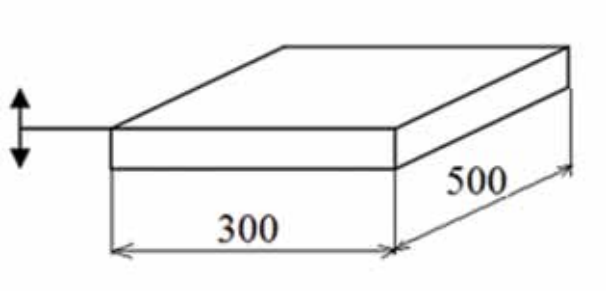
$$F = F_1 + F_2 + \cdots$$

$$F_1 = \rho \times g \times h_1 \times A_1$$

$$F_2 = \rho \times g \times h_2 \times A_2$$

$$F = \rho \times g \times (h_1 \times A_1 + h_2 \times A_2)$$

مثال ۱: شکل صفحه بالا یک صفحه چدنی ریختگی را نشان می‌دهد با توجه به ابعاد و مشخصات داده شده نیروی وارد بر سطح قالب فوقانی را به‌دست آورید. برحسب kN



شکل۶-۱۹

$g = ۱۰ m/s^۲$

$H = ۲۰۰ mm = ۰/۲ m \quad h_m = ۰/۲ m$

$\rho = ۶۵۰۰ kg/m^۳$

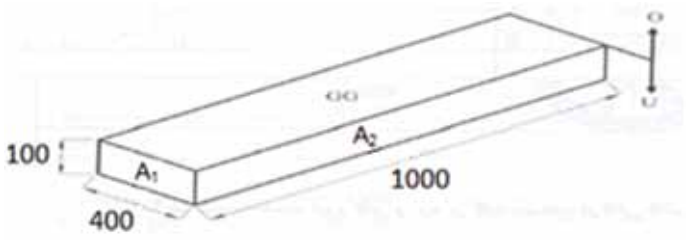
$P = ?KN$

$A = ۵۰۰ \times ۳۰۰ = ۱۵۰۰۰۰ mm^۲ = ۰/۱۵ m^۲$

$F_N = \rho.g.h_m.A \Rightarrow F_N = ۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲ \times ۰/۱۵$

$F_N = ۱۹۵۰ N = ۱/۹۵ kN$

مثال ۲: مطلوب است محاسبه و تعیین نیروهای وارده بر سطوح $A_۱$ و $A_۲$ در شکل زیر در صورتی که ارتفاع راه بار، ۲۵۰mm و مذاب چدن خاکستری با چگالی $۶۵۰۰ kg/m^۳$ باشد.



شک۷-۱۹

$g \approx ۹/۸ m/s^۲$

$A_۱ = ۱۰۰ \times ۴۰۰ = ۴۰۰۰۰ mm^۲ = ۰/۰۴ m^۲$

$A_۲ = ۱۰۰ \times ۱۰۰۰ = ۱۰۰۰۰۰ mm^۲ = ۰/۱ m^۲$

$$H = ۲۵۰mm = ۰/۲۵m$$

$$\rho = ۶۵۰۰kg/m^۳$$

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

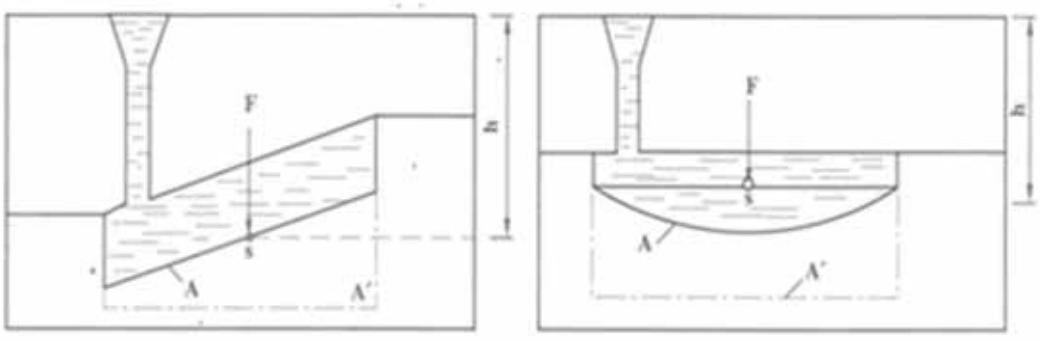
$$h_m = H + \frac{C}{۲} = ۲۵۰ + \frac{۱۰۰}{۲} = ۳۰۰ = ۰/۳m$$

$$F_{A_۱} = \rho \times g \times h_m \times A_۱ = ۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳ \times ۰/۰۴ = ۷۶۴/۴N$$

$$F_{A_۲} = \rho \times g \times h_m \times A_۲ = ۶۵۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳ \times ۰/۱ = ۱۹۱۱N$$

قسمت چهارم درس: سطوح شیبدار و قوسی

با توجه به حضور ذهن هنرجویان، درخصوص سطوح شیبدار و سطوح قوس‌دار و خمیده مانند اشکال زیر از ایشان سؤال شود تا به کمک آنان رابطه زیر استخراج گردد.



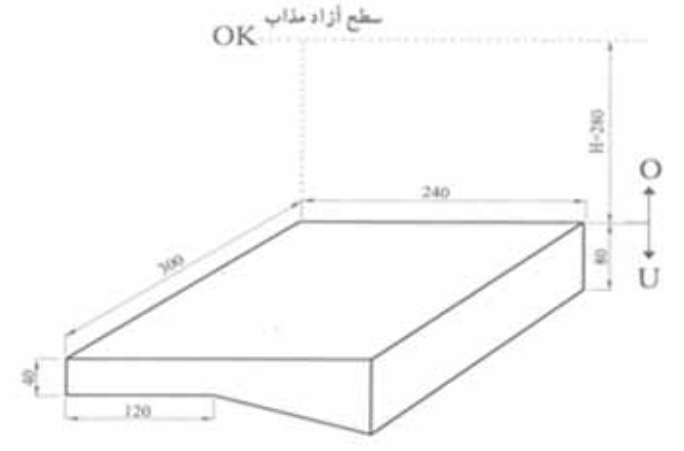
شکل۸-۱۹

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

A' : تصویر سطوح شیبدار و سطوح قوس‌دار و خمیده برروی سطح افقی و برای سطح جانبی برروی سطح قائم می‌باشد.

برای نمونه مثال صفحه ۹۴ کتاب در کلاس حل شده و توضیح داده می‌شود. و سپس همان مثال برای آلومینیوم حل گردد.

مثال: شکل صفحه بعد یک قطعه ریختگی از آلیاژ آلومینیم ـ سیلیسیم (سیلومین) را با $\rho = ۲۶۵۰kg/m^۳$ نشان می‌دهد نیروی وارده بر کف قالب را تعیین کنید.



شکل۹-۱۹

حل:

$$h_{m۱} = H + C_۱ = ۰/۲۸ + ۰/۰۴ = ۰/۳۲m$$

$$C_۲ = ۰/۰۴ + \frac{۰/۰۴}{۲} = ۰/۰۶$$

$$h_{m۲} = H + C_۲ = ۰/۲۸ + ۰/۰۶ = ۰/۳۴m$$

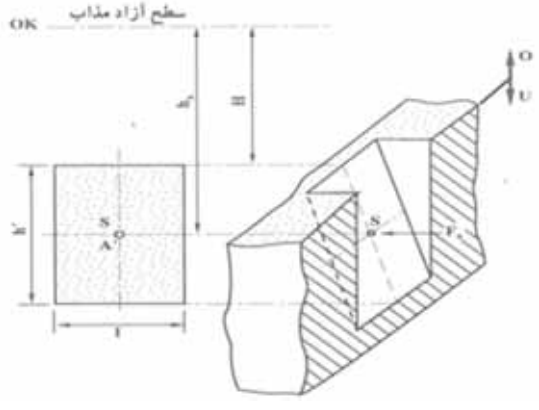
$$F = F_۱ + F_۲$$

$$F_۱ = \rho.g.h_{m۱}.A' = ۲۶۵۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳۲ \times (۰/۳ \times ۰/۱۲) = ۲۹۹/۱۷۴۴N$$

$$F_۲ = \rho.g.h_{m۲}.A' = ۲۶۵۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳۴ \times (۰/۳ \times ۰/۱۲) = ۳۱۷/۸۷۲۸N$$

$$F = ۲۹۹/۱۷۴۴ + ۳۱۷/۸۷۲۸ = ۶۱۷/۰۴۷۲N$$

نیروی وارد بر جداره اطراف قالب: با توجه به شکل زیر مقدار نیروی وارد، از طرف مذاب به جداره جانبی قالب از رابطه زیر محاسبه می شود.



شکل۱۰-۱۹

$$F_s = \rho \times g \times h_s \times A'$$
$$h_s = H + \frac{h'}{۲}$$
$$A' = I \times h'$$

A' : تصویر سطح شیبدار برروی سطح قائم می‌باشد که با دارا بودن زاویه شیبدار از رابطه $h' = h \times \cos\alpha$ به‌دست می‌آید.

مثال: (در کلاس علاوه بر مثال صفحه ۹۶ باتغییر در اعداد مثال زیر نیز حل گردد.)

در شکل صفحه ۹۶ نیروی وارده از طرف مذاب (یک نوع فولاد با چگالی $۷۲۰۰ kg/m^۳$) بر جداره عمودی قالب را محاسبه و تعیین کنید. (سطح این جداره شیبدار با صفحه قائم زاویه ۱۷ درجه می‌سازد)

حل: برای مقدار A' لازم است ابتدا ارتفاع سطح A یعنی h' مشخص گردد که این ارتفاع برابر است با تصویر شیب‌دار روی سطح قائم. بنابراین:

$$g = ۹/۸ \ m/s^۲$$
$$h' = h \times \cos\alpha = ۰/۴۱۰ \times \cos(۱۷^\circ) = ۰/۳۹۲۰۸ m$$
$$h_s = H + \frac{h'}{۲} = ۰/۳ + \frac{۰/۳۹۲۰۸}{۲} = ۰/۴۹۶۰۴۲ m$$

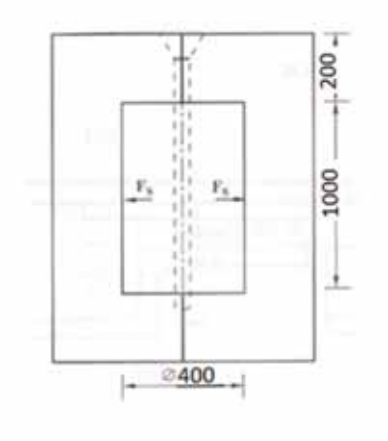
و مقدار مساحت تصویر شده سطح شیبدار برابر است با:

$$A' = I \times h' = ۰/۲۰۵ \times ۰/۳۹۲۰۸ = ۰/۰۸۰۳۷۶۴ m^۲$$

با داشتن h_s و A' مقدار نیروی وارده بر سطح جانبی قالب F_s برابر است با:

$$F_s = \rho \times g \times h_s \times A' = ۷۲۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۴۹۶۰۴ \times ۰/۰۸۰۳۷ = ۲۸۱۳/۲۲$$

مثال: شکل زیر نحوه قالب‌گیری یک غلتک فولادی را نشان می‌دهد با توجه به ابعاد و اندازه‌های داده شده مطلوب است تعیین و محاسبهٔ اندازهٔ نیروی وارد به هر نیمه قالب.



شکل ۱۱-۱۹

$$g = ۹/۸ \ , \ \rho = ۷۰۰۰ kg/m^۳ \ , \ \pi = ۳/۱۴$$

$$h_m = H + \frac{C}{۲} = ۰/۲ + \frac{۱}{۲} = ۰/۷m$$

$$A' = D \times h = ۰/۴ \times ۱ = ۰/۴m^۲$$

$$F_s = g.\rho.h_m.A' = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۷ \times ۰/۴ = ۱۹۲۰۸N$$

$$F_s = ۱۹۲۰۸N$$

قسمت پنجم درس: جمع‌بندی و تعیین تکلیف

۱ـ جهت نیروی وارد، از طرف مذاب بر جداره‌های قالب، عمودی بوده که مطابق قانون نیوتن این مقدار نیرو با عکس‌العمل جداره قالب خنثی می‌شود.

۲ـ مقدار نیروی وارد بر کف قالب را می‌توان از رابطه $F = \rho \times g \times h \times A$ به‌دست آورد.

۳ـ اگر کف قالب مانند شکل زیر از چند سطح با ارتفاع‌های مختلف تا سطح آزاد باشد مقدار این نیرو برابر است با:

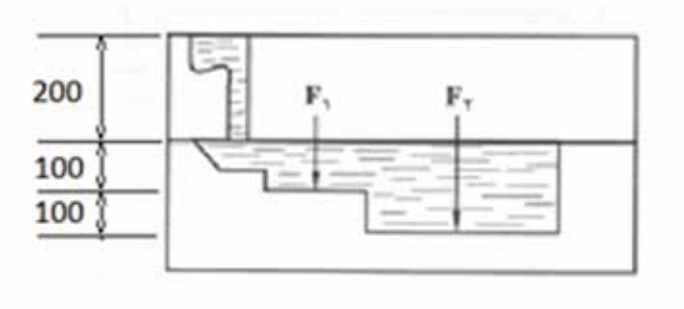
$$F = \rho \times g(h_۱ \times A_۱ + h_۲ \times A_۲)$$

۴ـ برای سطوح شیبدار و سطوح قوس‌دار و خمیده، تصویر آنها را برروی سطح افقی و برای سطح جانبی برروی سطح قائم به‌دست آورده و سپس از رابطه زیر مقدار نیروی وارده را حساب می‌کنیم.

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

تعیین تکلیف

۱ـ با درنظر گرفتن $A_۱ = ۰/۰۲m^۲$ و $A_۲ = ۰/۰۳m^۲$ نیروی وارد بر کف قالب زیر را حساب کنید.



شکل۱۲-۱۹

۲ـ برای جلسه آینده تمرین ۱ و ۲ و ۴ و ۵ قسمت‌های ب تا د آخر فصل حل گردد.

هفته بیستم: نیروی وارد بر جداره اطراف قالب و بر درجه فوقانی و نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمسطح قالب

جلسه درس مربوط به صفحات ۹۵ الی ۱۰۱ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

۱ـ حضور و غیاب هنرجویان و آزمون کلاسی

۲ـ نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمسطح قالب

۳ـ محاسبه نیروی وارد شده بر درجه فوقانی

۴ـ نیروی وارد بر جداره اطراف قالب

۵ـ جمع‌بندی مطالب درس داده شده و مشخص کردن تکالیف درسی، برای جلسات آتی هنرجویان

قسمت اول درس

پس از استقرار هنرجویان آزمون کلاسی برگزار می‌گردد.

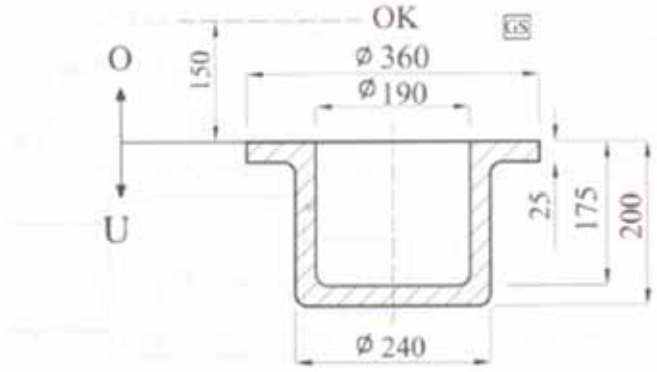
نام و نام خانوادگی

در شکل زیر نیروهای وارد بر کف (F_B) و بر سطح فوقانی قالب (F_N) را به‌دست آورید. معلومات داده شده عبارت‌اند از:

فولاد ریختگی $\rho GS = ۷۰۰۰ kg/m^۳$

$\pi = ۳/۱۴$

$g = ۹/۸ \ m/s^۲$



شکل ۱-۲۰

پس از حضور و غیاب و جمع کردن اوراق آزمون به کمک هنرجویان آزمون حل می‌گردد.

$$F_{B_۱} = \rho \times g \times h_m \times A = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳۵ \times \frac{۳/۱۴ \times ۰/۲۴^۲}{۴} = ۱۰۸۵/۶۴ N$$

$$F_{B_۲} = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۱۷۵ \times (\frac{۰/۳۶^۲ \times ۳/۱۴}{۴} - \frac{۳/۱۴ \times ۰/۲۴^۲}{۴}) = ۶۷۸/۵۲$$

$$F_B = F_{B_1} + F_{B_2}$$

$$F_B = ۱۰۸۵/۶۴ + ۶۷۸/۵۲ = ۱۷۶۴/۱۶N$$

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

$$F_{N_1} = \rho \times g \times h_{m_1} \times A_1 = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۳۲۵ \times \frac{۳/۱۴ \times ۰/۱۹^۲}{۴} = ۶۳۱/۸۱N$$

$$F_{N_2} = \rho \times g \times h_{m_2} \times A_2 = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۱۵ \times \frac{۳/۱۴}{۴}(۰/۳۶^۲ - ۰/۱۹^۲) = ۷۵۵/۲۶$$

$$F_N = F_{N_1} + F_{N_2} = ۶۳۱/۸۱ + ۷۵۵/۲۶ = ۱۳۸۷/۰۷N$$

سپس تمرین‌های ۴ و ۵ کتاب حل می‌گردد.

قسمت دوم درس

با توجه به حضور ذهن هنرجویان، قبل از بحث درخصوص نیروی وارد بر درجه فوقانی بهتر است ابتدا نیروی وارد بر سطوح فوقانی غیرمستوی تدریس شود.

ـ اگر سطوح فوقانی قالب قوس‌دار یا دارای انحناء یا شیبدار و غیرهموار و در حالت کلی غیرمستوی باشد، برای محاسبه نیروی وارد بر سطح فوقانی چنین قالب‌هایی، بایستی میانگین ارتفاعات نقاط مختلف سطح فوقانی تا سطح آزاد مذاب را حساب کرده و مقدار نیروی وارده بر سطح فوقانی را تعیین نمود. از آنجایی که حجم برابر سطح قاعده در ارتفاع می‌باشد. می‌توان ارتفاع معادل h'_m قسمت قرار گرفته در درجه رویی را حساب کرده و با کم کردن از ارتفاع راهگاه ارتفاع مؤثر را مطابق معادله زیر به‌دست آورد.

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

V: حجم محصور بین سطح فوقانی قالب تا سطح جدایش برحسب $m^۳$

A' : برابر تصویر افقی سطح فوقانی

توضیح: در خصوص نحوه محاسبه مقدار V، بایستی دقت داشته باشیم که مقدار V ، حجم محصور بین سطح فوقانی قالب تا سطح جدایش دو درجه است و نباید این حجم را با حجم مذاب محفظه قالب اشتباه کرد. مثلاً در صورتی که قالب دارای ماهیچه باشد یا نباشد، هم مقدار V ثابت خواهد بود و حجم ماهیچه و قسمت‌های مختلف قالب تأثیری در محاسبه و تعیین این نیرو ندارد.

ـ با توجه به ارتفاع مؤثر، نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب برابر خواهد بود با:

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

قبلاً از روش‌های مشابه برای تعیین نیروی وارده بر سطح کف و دیواره‌های جانبی قالب نیز استفاده شد.

برای نمونه مثال صفحه ۱۰۰ کتاب و مثال زیر در کلاس حل می‌شود.

مثال: در شکل صفحه بعد نیروی وارد بر سطح فوقانی را محاسبه کنید.

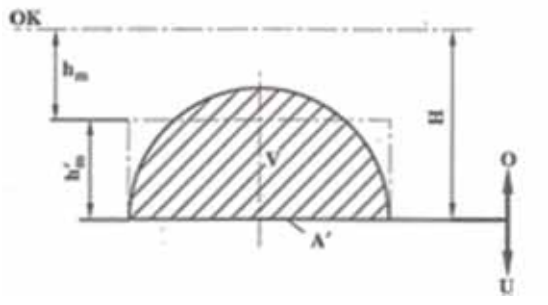
$H = ۴۰\ cm$

$A' = ۴۰۰\ cm^۲$

$V = ۸۰۰۰\ cm^۳$

$\rho = ۶۵۰۰\ kg/m^۳$

$g = ۱۰\ m/s^۲$



شکل۲-۲۰

ـ اگر محفظه قالب در لنگه رویی درجه (بالای خط جدایش) باشد برای به‌دست آوردن ارتفاع مؤثر (hm) باید میانگین ارتفاعات نقاط روی سطح غیرمستوی تا سطح آزاد (h'_m) را از ارتفاع راهگاه (H) کم نمود یعنی:

$$h'_m = \frac{V}{A'} = \frac{۸۰۰۰}{۴۰۰} = ۲۰cm$$

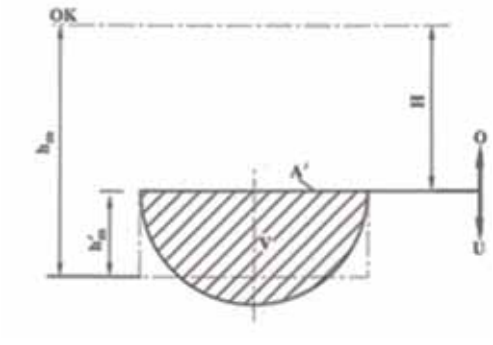
$$h_m = H - h'_m = ۴۰ - ۲۰ = ۲۰cm = ۰/۲m$$

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

$$F_N = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ \times ۰/۰۴$$

$$F_N = ۵۲۰N$$

ـ اگر قطعه فوق در لنگه زیرین (پایین‌تر از خط جدایش) و به شکل زیر قالب‌گیری شود، نیروی وارد بر سطح بالایی را حساب کنید.



شکل۳-۲۰

در این حالت سطح فوقانی مستوی می‌باشد و لذا از روابط معمول نیروی وارد بر سطح بالایی محاسبه می‌گردد. یعنی

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

$$F_N = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۴ \times ۰/۰۴$$

$$F_N = ۱۰۴۰N$$

چنانچه مشاهده می‌گردد در این حالت نیروی وارده ۲ برابر شده است.

ـ در دو حالت فوق نیروی وارد بر کف قالب را حساب کنید.

پاسخ: در حالت ۱

$$F_B = \rho.g.h.A$$

$$F_B = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۴ \times ۰/۰۴$$

$$F_B = ۱۰۴۰N$$

در حالت ۲

$$h'_m = \frac{V}{A'} = \frac{۸۰۰۰}{۴۰۰} = ۲۰cm$$

در اینجا برای به‌دست آوردن ارتفاع مؤثر (h_m) باید h'_m را با ارتفاع راهگاه (H) جمع کرد یعنی:

$$h_m = H + h'_m = ۴۰ + ۲۰ = ۶۰cm = ۰/۶m$$

$$F_B = \rho.g.h_m.A'$$

$$F_B = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۶ \times ۰/۰۴$$

$$F_B = ۱۵۶۰N$$

مفاهیم در هنگام عددگذاری و حل مثال‌ها بهتر در ذهن هنرجویان مستقر می‌شود. چنانچه قبلاً ذکر شده است بیشتر وقت کلاس بایستی به حل مثال‌ها و مسائل اختصاص یابد و مفاهیم لازم در حین حل مسائل منتقل گردد.

قسمت سوم درس: محاسبه نیروی وارد شده بر درجه فوقانی قالب

ـ در قالب‌گیری‌های معمول که سطح جدایش افقی است، نیروهای وارد بر جداره‌های جانبی (F_s) و کف قالب (F_B) با نیروی عکس‌العمل قالب جبران می‌شود. اما نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب (F_N) باید با وزن قالب رویی (درجه فوقانی) جبران شود. اگر وزن درجه فوقانی کم باشد، لنگه فوقانی بلند می‌شود و مذاب از سطح جدایش دولنگه بیرون می‌ریزد. این موضوع علاوه بر خطر ناشی از خروج مذاب و احتمال ایجاد حریق، باعث تغییرات ابعادی قطعه و ایجاد پلیسه و ... خواهد شد.

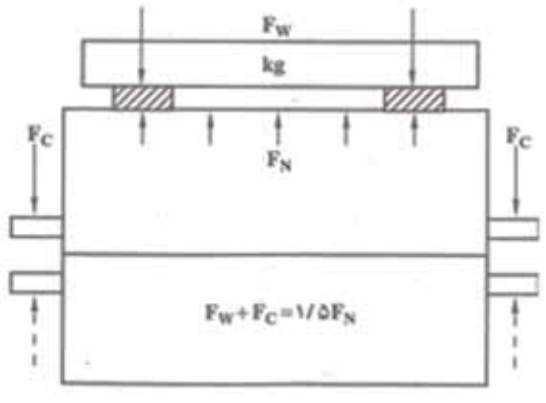
ـ برای جلوگیری از این مشکل بایستی به‌وسیله مهار کردن یا وزنه گذاشتن روی درجه فوقانی از بلند شدن آن جلوگیری کرد. برای اطمینان وزن درجه فوقانی و وزنه روی آن را ۱/۵ برابر نیروی بالابرنده می‌گیرند. یعنی:

$F_W + F_C = ۱/۵ F_N$

F_W : اندازه وزنه لازم روی درجه

F_C : وزن درجه فوقانی و محتویات آن

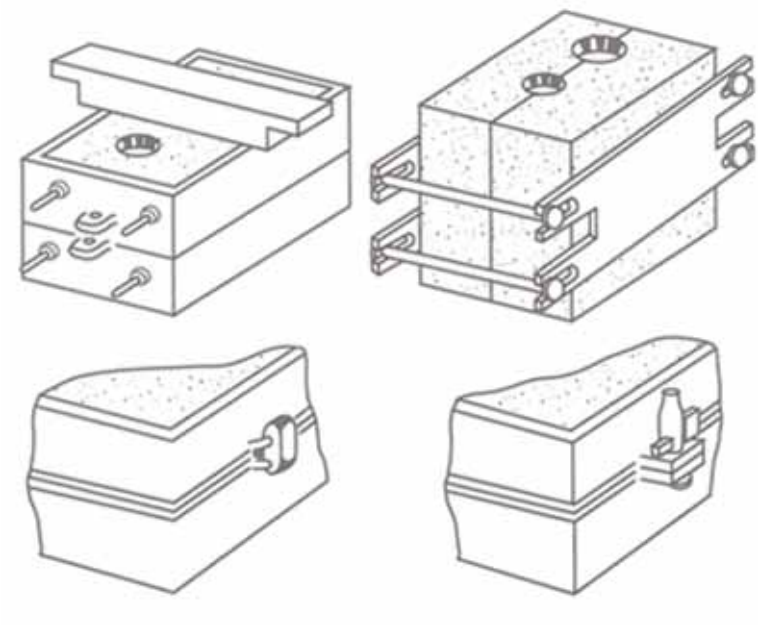
F_N : نیروی بالابرنده درجه فوقانی



شکل۴-۲۰

ـ اگر سطح جدایش عمودی باشد نیروی (F_S) مهم می‌شود و بایستی مهار گردد.

شکل‌های زیر چند روش جفت کردن دو نیمه قالب را نشان می‌دهد نیروهای بالابرنده لنگه رویی درجه‌ها علاوه بر سطح فوقانی قالب بر تکیه‌گاه‌های ماهیچه نیز وارد می‌شوند که در جلسات آتی بحث خواهد شد.



شکل۵-۲۰

ـ در جلسات پیش نحوه محاسبه F_N را آموخته‌اید و می‌توانید مطابق آن عمل کنید.

رابطه ریاضی نیروی بالابرنده: $F_N = \rho.g.h.A$

ρ : چگالی مذاب برحسب kg/m^3

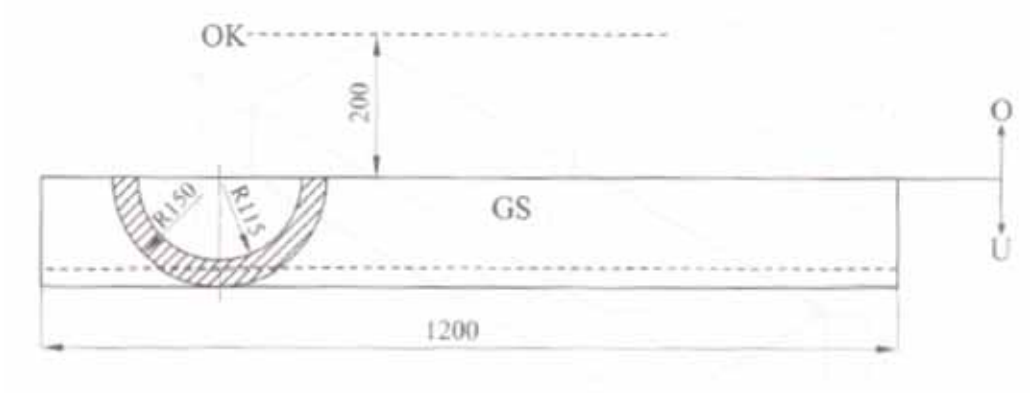
g : شتاب ثقل m/s^2

h : ارتفاع متالواستاتیکی برحسب m

A : سطح فوقانی قالب برحسب m^2

لازم به ذکر است که بلند شدن لنگه رویی درجه ممکن است در اثر گازهای تولید و متراکم شده داخل قالب باشد که در اثر درجه حرارت زیاد مذاب درون قالب، حجم گازهای تولیدشده افزایش یافته و با فشار و تراکم بیشتر باعث بلندشدن درجه رویی می‌شوند.

مثال ۱: با توجه به شکل زیر نیروهای وارده به کف و سطح فوقانی قالب را محاسبه و تعیین کنید در صورتی که:



شکل۲۶-۲۰

$\rho = ۷۰۰۰ kg/m^3$, $g = ۹/۸ m/s^2$, $\pi = ۳/۱۴$

$A' = ۱/۲ \times ۰/۳ = ۰/۳۶ m^2$

$h'_m = \frac{V}{A'}$

$V = \frac{(۰/۱۵)^2 \times ۳/۱۴}{۲} \times ۱/۲ = ۰/۰۴۲۸$

$h'_m = \frac{۰/۰۴۲۸}{۰/۳۶} = ۰/۱۱۷۸ m$

$h_m = H + h'_m = ۰/۲ + ۰/۱۱۷۸ = ۰/۳۱۷۸ m$

مقدار نیروی وارد بر کف قالب قوس‌دار:

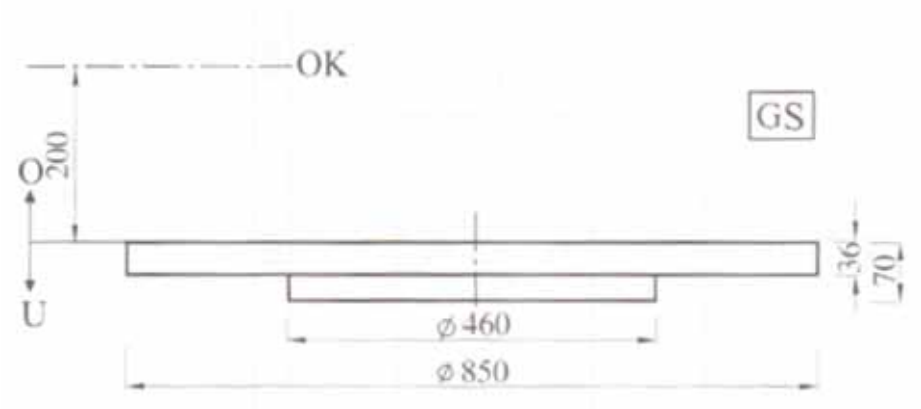
$$F_N = \rho.g.h_m.A' = ۷۰۰۰ \times ۹/۸۱ \times ۰/۳۱۷۸ \times ۰/۳۶ = ۷۸۵۶/۶۳$$

در مقدار نیروی وارده به سطح فوقانی قالب قوس‌دار، چون حجم محصور بین سطح فوقانی قالب و سطح جدایش صفر است پس مقدار $h'_m = ۰$ و لذا: $h_m = H + h'_m$

$$h_m = ۰/۲ + ۰ = ۰/۲$$

$$F_N = \rho.g.h_m.A' = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲ \times ۰/۳۶ = ۴۹۳۹/۲N$$

مثال ۲: با توجه به شکل زیر نیروهای وارد بر کف (F_B) و بر سطح فوقانی قالب (F_N) را به‌دست آورید. معلومات داده شده عبارتند از:



شکل۷-۲۰

قسمت چهارم درس

$\rho_{G_S} = ۷۰۰۰ kg/m^۳$ ، $\pi = ۳/۱۴$, $g = ۹/۸ m/s^۲$ (چگالی فولاد ریختگی)

الف) نیروهای وارده به کف قالب

$$F_B = F_{B_۱} + F_{B_۲}$$

$$F_{B_۱} = \rho.g.h_{m_۱}.A'_۱$$

$$A'_۱ = \frac{\pi}{۴}(D^۲ - d^۲) = \frac{۳/۱۴}{۴}(۰/۸۵^۲ - ۰/۴۶^۲) = ۰/۴۰۱۲۵ m^۲$$

$$h_m = H + C_۱ = ۰/۲ + ۰/۰۳۶ = ۰/۲۳۶ m$$

$$F_{B_۱} = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲۳۶ \times ۰/۴۰۱۲۵ = ۶۴۹۲/۹۴۴$$

$$F_{B_۲} = \rho.g.h_{m_۲}.A'_۲$$

$$A'_۲ = \frac{\pi.d^۲}{۴} = \frac{۳/۱۴ \times ۰/۴۶^۲}{۴} = ۰/۱۶۶۱۹ m^۲$$

$$h_{m_۲} = H + C_۲ = ۰/۲ + ۰/۰۷ = ۰/۲۷ m$$

$$F_{B_۲} = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲۷ \times ۰/۱۶۶۱۹ = ۳۰۷۶/۶۱ N$$

$$F_B = F_{B_۱} + F_{B_۲} = ۶۴۹۲/۹۴۴۳ + ۳۰۷۶/۶۱ N = ۹۵۶۹/۵۵۹ N$$

ب) نیروهای وارده بر سطح فوقانی قالب

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

$$h_m = H \Rightarrow h_m = ۰/۲$$

$$A' = \frac{\pi \times ۰/۸۵^۲}{۴} = ۰/۵۶۷۱ m^۲$$

$$F_N = ۷۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲ \times ۰/۵۶۷۱ = ۷۷۸۱/۴۷ N$$

قسمت پنجم درس: جمع‌بندی و تعیین تکلیف

۱ـ رابطه محاسبه میانگین ارتفاعات نقاط مختلف سطح غیرمستوی (h'_m) برابر است با: $h'_m = \frac{V}{A}$

۲ـ مقدار ارتفاع مؤثر برای سطوح غیرمستوی:

سطح غیرمستوی در کف قرار دارد: $h_m = H + h'_m$

سطح غیرمستوی در بالای قالب قرار دارد: $h_m = H - h'_m$

۳ـ رابطه محاسبه ارتفاع مؤثر برای سطوح مستوی:

سطح مستوی در لنگه زیرین قالب قرار دارد: $h_m = H + C$

سطح مستوی در لنگه بالای قالب قرار دارد: $h_m = H - C$

۴ـ نیروی وارد بر درجه فوقانی همان نیروی وارد بر سطح بالایی می‌باشد.

۵ـ وزن درجه بالایی بایستی از ۱/۵ برابر نیروی بالابرنده بیشتر باشد و در غیراین‌صورت باید روی درجه وزنه گذاشت.

تکلیف جلسه بعد

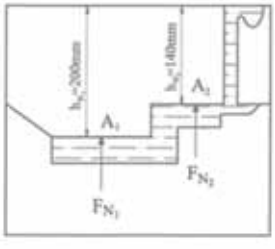
ـ نیروی وارد بر سطح فوقانی F_N در شکل زیر را با توجه به مشخصات داده شده محاسبه کنید.

$A_۱ = ۱۴۰ cm^۲$

$A_۲ = ۱۱۰ cm^۲$

$\rho = ۷۲۰۰ kg/m^۳$

$g = ۹/۸ m/s^۲$



شکل۸-۲۰

هفته بیست و یکم: رابطه نیروی ارشمیدسی و وزن اجسام در داخل سیالات و محاسبه نیروی وارده از طرف مذاب بر ماهیچه و تکیه‌گاه‌های آن

این جلسه مربوط به صفحات ۱۰۱ الی ۱۰۸ می‌باشد و از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

۱ـ امتحان کلاسی و حضور و غیاب و پاسخ به امتحان

۲ـ رابطه نیروی ارشمیدسی (وزن اجسام در داخل سیالات)

۳ـ حالت‌های مختلف وزن ظاهری

۴ـ محاسبه نیروی وارده از طرف مذاب بر ماهیچه و تکیه‌گاه‌های آن

۵ـ جمع‌بندی و تعیین تکالیف درسی برای هنرجویان

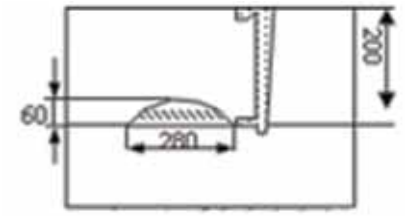
قسمت اول درس

نام و نام خانوادگی:

نیروی بالابرنده و سطح عرقچین کروی در شکل زیر را حساب کنید.

$$\rho = ۷۲۰۰ kg/m^۳ \quad , \quad g = ۹/۸ m/s^۲ \quad , \quad \pi = ۳/۱۴$$

معادله تعیین حجم عرقچین $V = \frac{\pi h}{۶}(\frac{۳}{۴}D^۲ + h^۲)$



شکل ۱-۲۱

پس از ۲۰ دقیقه برگه‌های امتحانی با نفرات مجاور هم تعویض و حل آن با کمک هنرجویان بر روی تابلو نوشته شود.

حل سؤال امتحانی

حجم عرقچین $V = \frac{\pi h}{۶}(\frac{۳}{۴}D^۲ + h^۲)$ میانگین ارتفاعات $h'_m = \frac{V}{A'}$

$$V = \frac{۳/۱۴ \times ۰/۰۶}{۶}(\frac{۳}{۴} \times ۰/۲۸^۲ + ۰/۰۶^۲) = ۱/۹۵۹ \times ۱۰^{-۳} m^۳$$

$$A' = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3/14 \times 0/28^2}{4} = 0/061544 m^2$$

$$h'_m = \frac{1/959 \times 10^{-3}}{0/061544} = 0/0318308 m$$

$$h_m = H - h'_m = 0/2 - 0/0318308 = 0/168169 m$$

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

$$F_N = 7200 \times 9/8 \times 0/168169 \times 0/061544 = 730/28 N$$

حل تکلیف:

$$F_N = F_{N_1} + F_{N_2} = \rho g(h_{N_1} A + h_{N_2} A_2)$$

$$F_N = 7200 \times 9/81(0/2 \times 0/14 + 0/14 \times 0/11) = 3065/428 N$$

قسمت دوم درس: رابطه نیروی ارشمیدس (وزن اجسام در داخل سیالات)

ـ هنگامی که در قالب ماهیچه وجود دارد، برای محاسبه نیروی بالابرنده بایستی نیرویی که از طرف مذاب به ماهیچه وارد می‌شود را نیز به حساب آورد. چرا که نیروی وارد بر ماهیچه از طریقه پایه‌های ماهیچه به درجه بالایی منتقل می‌گردد. در واقع در این حالت نیروی بالابرنده شامل دو نیرو خواهد بود.

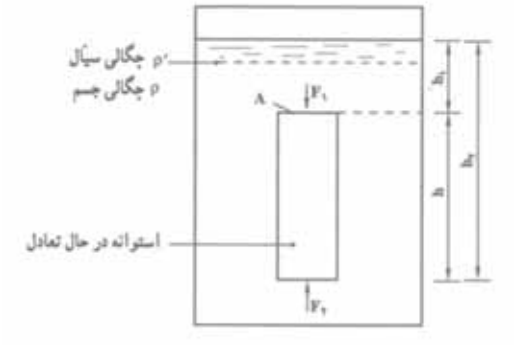
۱ـ نیروی وارد بر سطح بالایی قالب F_N

۲ـ نیروی وارد شده از طرف ماهیچه

تاکنون با نیروی وارد بر سطح بالایی قالب F_N به خوبی آشنا شده‌اید. در این قسمت می‌خواهیم مقدار نیروی وارد شده از طرف ماهیچه که از طریق پایه‌های ماهیچه به درجه بالایی منتقل می‌گردد را محاسبه کنیم.

قانون ارشمیدس: براساس رابطه ارشمیدس هنگامی که جسمی داخل سیالی قرار می گیرد به اندازه وزن سیال هم حجم جسم، وزن آن کاهش می‌یابد، وزن سیال هم حجم جسم را نیروی ارشمیدس گویند که نتیجه قانون پاسکال است.

برای درک این نیرو، جسمی به شکل استوانه که داخل سیال قرار گرفته است را مطابق شکل زیر درنظر بگیرید. مقدار نیروی ارشمیدس (F_A) برابر است با:



شکل۲-۲۱

$$F_A = F_2 - F_1$$

که در آن F_1 و F_2 به ترتیب نیروی وارد به سطح زیرین و بالایی استوانه می‌باشد. از روابط فشار خواهیم داشت:

$$F_1 = \rho'.g.h_1.A$$

$$F_2 = \rho'.g.h_2.A$$

که در آن ρ' : چگالی سیال است.

بنابراین $F_A = \rho'.g.h_2.A - \rho'.g.h_1.A$

با فاکتور گرفتن از پارامترهای مشابه خواهیم داشت: $F_A = \rho'.g.A(h_2 - h_1)$

از آنجایی که $h = h_2 - h_1$ پس: $F_A = \rho'.g.Ah$

با توجه به این که حجم استوانه داخل سیال $A.h = V$ پس مقدار نیروی ارشمیدس برابر است با:

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

$d' = \rho'.g$ = برابر وزن مخصوص مذاب بوده که برابر:

$W_f = d'.V$ وزن سیال هم‌حجم جسم

نیروی رانش سیال یا نیروی ارشمیدس همواره در امتداد قائم و جهت آن به‌طرف بالا است، با توجه به این که خود جسم دارای وزن W که جهت آن به سمت پایین است، می‌باشد، برآیند این نیروهای وارد بر جسم تفاضل این دو نیرو خواهد بود. $W' = W - F_A$

به این نیرو وزن ظاهری (W') قطعه در داخل سیال می‌گویند. اگر حجم جسم غوطه‌ور V و چگالی آن ρ و چگالی سیال ρ' باشد می‌توان روابط زیر را نوشت:

وزن حقیقی جسم $W = \rho.g.V$

نیروی ارشمیدس $F_A = \rho'.g.V$

وزن ظاهری $= W' = W - F_A = \rho.g.V - \rho'.g.V = \rho.g.V(1 - \frac{\rho'}{\rho})$

از طرفی حاصلضرب مقادیر $\rho.g.v$ برابر وزن حقیقی جسم بوده و لذا وزن ظاهری جسم داخل سیال از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$W' = W(1 - \frac{\rho'}{\rho})$$

پارامترهای این معادله توضیح داده می شود.

مثال صفحه ۱۰۳ کتاب در کلاس حل گردد. برای تمرین همین مثال با تغییر اعداد می‌تواند حل گردد.

مثال دیگر: به‌منظور تولید برنج تکه‌ای روی به مذاب مس اضافه می‌گردد. با محاسبه نشان دهید، آیا این تکه روی داخل مذاب فرو می‌رود و یا روی سطح مذاب باقی می‌ماند؟

$$\rho'_{Cu} = 8500 kg/m^3 \quad , \quad \rho'_{Zn} = 7000 kg/m^3$$

پاسخ:

ـ وزن ظاهری تکه روی را در شرایطی که کاملاً در مذاب مس فرورفته است محاسبه می‌کنیم اگر مثبت درآمد یعنی قطعه در داخل مذاب فرومی‌رود و ته‌نشین می‌شود. اگر نتیجه منفی باشد یعنی نیروی بالابرنده (ارشمیدس) بر نیروی وزن غلبه کرده و تکه روی بر روی مذاب مس شناور خواهد شد.

برای به‌دست آوردن وزن ظاهری از معادله زیر استفاده می‌شود.

$$W' = W(1-\frac{\rho'}{\rho})$$

از آنجایی که:

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{8500}{7100} \approx 1/2$$

پس:

$$W' = W(1-1/2) = -0/2W$$

که نشان‌دهنده منفی بودن وزن ظاهری است.

برای درک هنرجویان می‌توان ابعاد فرضی برای تکه روی درنظر گرفت. همچنین این مثال را برای یک ماهیچه در داخل مذاب فلزات مطرح و در کلاس حل کرد.

مثال: اگر یک استوانه‌ای از جنس ماسه ماهیچه با دانسیته $1200kg/m^3$ و به قطر $5cm$ و طول $20cm$ در داخل مذاب چدن با دانسیته $6500kg/m^3$ قرار داده شود، نیروی رانش (نیروی ارشمیدس) و وزن ظاهری ماهیچه را به‌دست آورید. با توجه به وزن ظاهری ماهیچه به بالا می‌آید یا به زیر می‌رود.

برای نیروی رانش (ارشمیدس) داریم $F_A = \rho'.g.V$

$$V = \frac{3/14\times 0/05^2}{4}\times 0/2 = 0/000\,3925m^3 \quad , \quad \rho' = 6500kg/m^3$$

$$\Rightarrow F_A = 6500\times 10\times 0/000\,3925 = 25/5125N$$

وزن حقیقی جسم $W = \rho.g.V$

$$\rho = 1200kg/m^3 \Rightarrow W = 1200\times 10\times 0/000\,3925 = 4/71N$$

$$\text{وزن ظاهری} = W' = W - F_A = 4/71 - 25/5125 = -20/8025N$$

ـ به دلیل منفی بودن جواب برآیند نیروها به سمت بالا می‌باشد و در مجموع باعث بالا آمدن ماهیچه در مذاب می‌شود. در ریخته‌گری برای جلوگیری از بالا آمدن ماهیچه و جابه‌جا شدن آن، محلی را به نام پایه ماهیچه در قالب تعبیه می‌کنند.

ـ چون پایه ماهیچه در مذاب قرار نمی‌گیرد و در مذاب شناور نیست، پس این قسمت از ماهیچه در محاسبات نیروی رانش (ارشمیدس) جزو حجم ماهیچه درنظر گرفته نمی‌شود. در مثال فوق اگر ماهیچه از هردو طرف ۵ سانتی‌متر در قالب قرار داده شده باشد، محاسبات به نحو زیر خواهد بود.

ـ با توجه به ۵ سانتی‌متر ریشه ماهیچه از هردوطرف در محاسبه طول ماهیچه قرار گرفته در مذاب ۱۰ سانتی‌متر خواهد بود. پس:

$$V = \frac{۳/۱۴ \times ۰/۰۵^{۲}}{۴} \times ۰/۱ = ۰/۰۰۰۱۹۶۲۵$$

$$F_A = \rho'.g.V = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۰۰۱۹۶۲۵ = ۱۲/۷۵۶۲۵$$

اما وزن حقیقی ماهیچه نسبت به قبل تغییری نمی‌کند و همان مقدار می‌باشد. در این حالت برآیند نیروها به صورت زیر خواهد بود:

$$W - F_A = ۴/۷۱ - ۱۲/۷۵۶۲۵ = -۸/۰۴۶۲۵N$$

منفی بودن در جواب به معنای این است که نیرو به سمت بالا است.

قسمت سوم درس: حالت‌های مختلف وزن ظاهری

با توجه به چگالی جسم و سیال سه حالت زیر وجود دارد:

الف) اگر جسم سنگین‌تر از سیال باشد ($\rho > \rho'$) جسم درون سیال به‌طرف پایین سقوط کرده و به ته ظرف می‌رسد.

ب) اگر چگالی جسم و سیال مساوی هم باشد ($\rho = \rho'$) جسم داخل سیال بدون حرکت خواهد بود.

ج) اگر چگالی جسم کمتر از سیال باشد ($\rho < \rho'$) در این حالت جسم در داخل سیال به سطح سیال صعود می‌کند.

نتیجه‌گیری:

در حالت اول نیروی ارشمیدس از وزن جسم کمتر بوده و لذا جهت نیرو یا وزن ظاهری به طرف پایین است.

در حالت دوم نیروی ارشمیدس با وزن جسم برابر بوده و به جسم نیروی اعمال نمی‌گردد.

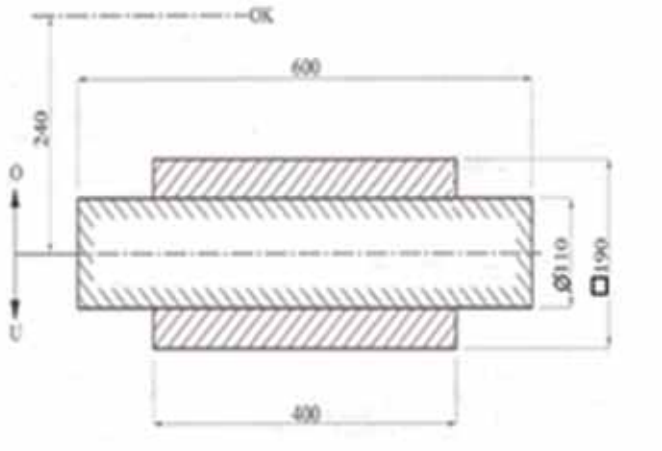
در حالت سوم نیروی ارشمیدس از وزن جسم زیادتر بوده، بنابراین جهت نیروی مربوط به وزن ظاهری به‌طرف بالا خواهد بود.

قسمت چهارم درس: محاسبه نیروی وارده از طرف مذاب بر ماهیچه و تکیه‌گاه‌های آن

ـ هنگام بارریزی، وقتی محفظه قالب پر از مذاب می‌شود، از طرف مذاب به تمام قسمت‌های مختلف قالب نیروهایی اعمال می‌گردد، در صورتی که جداره و سطوح قالب از استحکام مناسبی برخوردار نباشد، نیروهای اعمالی باعث جابه‌جایی این قسمت‌ها به‌خصوص ماهیچه‌ها می‌شوند، فشار موردنظر طبق قانون پاسکال و اصل ارشمیدس، سبب به‌وجود آمدن وزن ظاهری ماهیچه در داخل مذاب می‌شود و چون اغلب، چگالی ماهیچه‌ها کمتر از چگالی مذاب است لذا نیروی برآیند همواره به سمت بالا می‌باشد و تمایل به بلندکردن قالب دارند. اگر نیروهای وارد شده

از طرف قالب رویی (عکس‌العمل تکیه‌گاه‌های ماهیچه‌ها) کافی نباشد، ماهیچه‌ها حرکت کرده و قطعات ریختگی معیوب خواهند شد همین‌طور نیروهای وارده به تکیه‌گاه‌ها به درجه فوقانی قالب منتقل می‌شود که در صورت غلبه بر وزن درجه و محتویات درون آن، باعث بلندشدن و تکان خوردن لنگه رویی درجه می‌شود و اگر ماهیچه‌ها استحکام مناسبی نداشته باشند شکسته شده و لذا برای جلوگیری از شکسته شدن ماهیچه‌ها، از آرماتور و لوله‌های مشبک در داخل آنها استفاده می‌شود که در صورت استفاده از لوله‌های مشبک علاوه بر افزایش استحکام ماهیچه خروج گازهای تولید شده تسهیل می‌گردد.

مثال ۱: در صورتی که قالب مطابق شکل از چدن مذاب پرشود مطلوب است محاسبه نیروی وارد بر درجه بالایی:



شکل۳-۲۱

ـ برای حل این مسئله باید نیروی وارد بر سطح بالایی قالب و نیرویی که از طرف ماهیچه‌ها به درجه بالایی وارد می‌شود را حساب و با یکدیگر جمع کنیم.

$\rho = ۱۲۰۰\ kg/m^۳$

$g = ۱۰\ m/s^۲$

$\rho' = ۶۵۰۰\ kg/m^۳$

$\pi = ۳/۱۴$

نیروی وارد بر سطح بالایی برابر است با: $F_N = \rho.g.h_m.A$

$h_m = ۲۴۰ - ۹۵ = ۱۴۵mm = ۰/۱۴۵m$

$A = ۴۰۰\times۱۹۰ = ۷۶۰۰۰mm^۲ = ۰/۰۷۶m^۲$

$F_N = ۶۵۰۰\times۱۰\times۰/۱۴۵\times۰/۰۷۶ = ۷۱۶/۳N$

ـ برآیند نیروهای وارد از طرف ماهیچه به‌وسیله محاسبه وزن ظاهری ماهیچه (W') به‌دست می‌آید که

مراحل محاسبات به‌نحو زیر است:

$$W_k = \rho.g.V_k$$

الف)
$$W_k = ۱۲۰۰\times۱۰\times(\frac{۳/۱۴\times۰/۱۱^۲}{۴}\times۰/۶) = ۶۸/۳۸۹۲N$$

$$F_A = \rho'.g.V_A$$

ب)
$$F_A = ۶۵۰۰\times۱۰\times(\frac{۳/۱۴\times۰/۱۱^۲}{۴}\times۰/۴) = ۲۴۶/۹۶۱N$$

ج)
$$w' = w_k - F_A = ۶۸/۳۸۹۲ - ۲۴۶/۹۶۱ = -۱۷۸/۵۷۱۸N$$

ـ در این مثال چون طول ریشه ماهیچه طرفین باهم برابر است و در صورت لزوم (در این‌جا لازم نیست)، نیروی وارده بر هریک از تکیه‌گاه‌ها با تقسیم عدد فوق بر تعداد پایه ماهیچه‌ها به‌دست می‌آید یعنی:

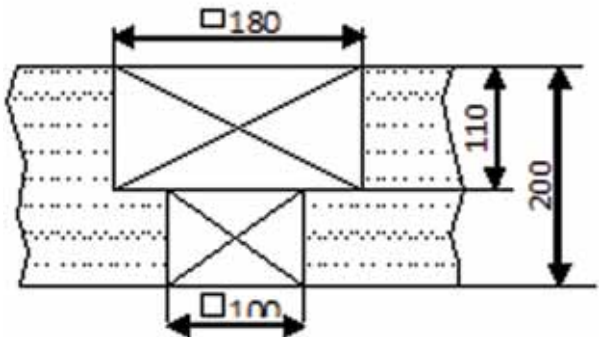
$$\frac{W'}{۲} = \frac{۱۷۸/۵۷۱۸}{۲} = ۸۹/۲۸۵۹N$$

ـ نیروی بالابرنده درجه فوقانی فقط F_N نبوده بلکه باید با نیروی وارده بر هر تکیه‌گاه ماهیچه جمع گردد.

ـ نیروی کل وارد بر درجه بالایی (نیروی بالابرنده) خواهد بود.

$$۷۱۶/۳ + ۱۷۸/۵۷۱۸ = ۸۹۴/۸۷۱۸N$$

مثال ۲: با توجه به شکل (۴-۲۱) در صورتی که چگالی ماهیچه خشک و چگالی مذاب (چدن خاکستری) به ترتیب برابر $۱۲۰۰kg/m^۳$ و $۶۵۰۰kg/m^۳$ باشد، وزن حقیقی ماهیچه و همچنین نیروی ارشمیدس (نیروی رانش مذاب) و وزن ظاهری (نیروی وارد بر تکیه‌گاه فوقانی ماهیچه) را به‌دست آورید.



شکل۴-۲۱

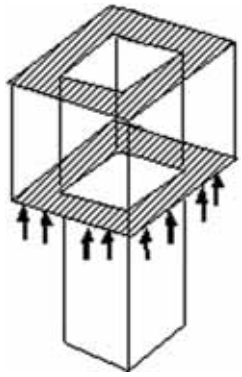
حل: ابتدا حجم کل ماهیچه (V_K) را به‌دست می‌آوریم.

$$V_k = V_{k۱} + V_{k۲} = (۰/۱۸)^۲\times۰/۱۱ + (۰/۱)^۲\times۰/۰۹ = ۴/۴۶۴\times۱۰^{-۳}m^۳$$

با تعیین حجم کل ماهیچه وزن حقیقی آن را از رابطه زیر به‌دست می‌آوریم.

$$W_k = \rho_k.g.V_k = ۱۲۰۰\times ۹/۸\times ۴/۴۶۴\times ۱۰^{-۳} = ۵۲/۴۹N$$

درخصوص اندازه نیروی رانش (نیروی وارد بر ماهیچه از طرف مذاب) از آنجایی که سطح بالای ماهیچه کاملاً به قالب چسبیده است، هیچ حجمی از ماهیچه را نمی‌توان تصور کرد که در مذاب غوطه‌ور می‌باشد و لذا نیروی تحت عنوان ارشمیدس معنا نمی‌یابد. گرچه نیروی فشار از زیر ماهیچه آن را به سمت بالا می‌راند و آن نیرو با فرض ارتفاع ۲۰۰mm برای راهگاه برابر خواهد بود با:



شکل۵-۲۱

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

$$h_m = ۲۰۰+۱۱۰ = ۳۱۰mm = ۰/۳۱m$$

$$A = ۱۸۰^۲ - ۱۰۰^۲ = ۲۲۴۰۰mm^۲ = ۰/۰۲۲۴m^۲$$

$$F_N = ۶۵۰۰\times ۱۰\times ۰/۳۱\times ۰/۰۲۲۴ = ۴۵۱/۳۶N$$

بنابراین وزن ظاهری ماهیچه برابر خواهد بود با:

$$W' = W_k - F_N = ۵۲/۴۹ - ۴۵۱/۴۶ = -۳۹۸/۸۷N$$

ـ علامت منفی در اینجا به معنای این است که نیرو به سمت بالا است و به همین اندازه نیرو از طریق پایه ماهیچه قاعده بالایی به درجه فوقانی وارد می‌شود.

در این مثال استفاده از قانون ارشمیدس در صورتی می‌تواند درست باشد که مذاب فقط تا سطح بالایی ماهیچه درنظر گرفته شود.

قسمت پنجم درس: جمع‌بندی و تعیین تکلیف

الف) براساس رابطه نیروی ارشمیدس: هنگامی که جسمی داخل سیالی قرار می‌گیرد، به اندازه وزن سیال هم‌حجم جسم، وزن آن کاهش می‌یابد.

$F_A = \rho'.g.A.h$ نیروی ارشمیدس

$W_F = d'.V = F_A$ وزن سیال هم حجم جسم

ـ تفاضل نیروی رانش از وزن حقیقی جسم مساوی وزن ظاهر می‌باشد:

وزن ظاهری $W' = W - F_A = W(1 - \frac{\rho'}{\rho})$

ـ اگر $\rho > \rho'$ باشد جسم درون سیال سقوط می‌کند.

ـ اگر $\rho < \rho'$ باشد جسم درون سیال صعود می‌کند.

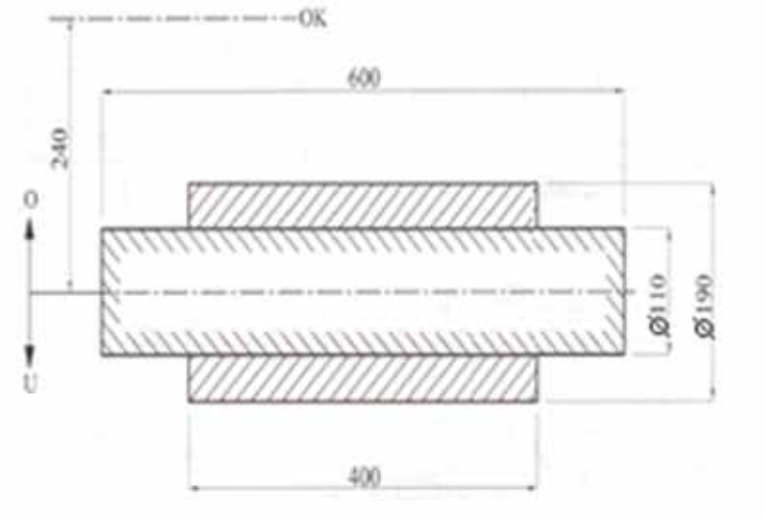
ـ اگر $\rho = \rho'$ باشد جسم درون سیال بدون حرکت خواهد بود.

ب) چگالی ماهیچه‌ها کمتر از چگالی مذاب است لذا تمایل به بلند شدن داشته و چون توسط ریشه ماهیچه‌ها جلوی حرکت‌شان مهار شده نیروی وارده باعث بلند شدن درجه فوقانی قالب می‌شود که مقدار نیروی وارده بر تکیه‌گاه‌ها برابر است با: $W' = W_k - F_A$

ج) در محاسبه وزن ظاهری ماهیچه حجم قسمت مؤثر ماهیچه که مذاب از پایین به طرف بالا به آن نیرو وارد می‌کند مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

تکلیف منزل:

۱ـ در صورتی که قالب مطابق شکل زیر از چدن مذاب پرشود مطلوب است محاسبه و تعیین:



شکل۶-۲۱

الف) وزن حقیقی ماهیچه (W_K) با چگالی $1200 kg/m^3$

ب) نیروی ارشمیدس یا رانش مذاب (f_A) برحسب N

ج) برآیند نیروهای وارد بر ماهیچه و جهت آن (وزن ظاهری ماهیچه (W'))

۲ـ حل تمرین‌های ۹،۸،۷،۶ و ۱۰ صفحات ۱۱۶ و ۱۱۸ کتاب توسط هنرجویان در منزل

هفته بیست و دوم: محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه و حل تمرینات

در این جلسه موارد ذیل اجرا می‌شود:

۱ـ آزمون کلاسی و حضور و غیاب هنرجویان

۲ـ حل تکالیف شامل تمرین‌های ۹،۸،۷،۶ و ۱۰ آخر فصل پنجم با مشارکت هنرجویان در روی تابلوی کلاس ۵۰ دقیقه

۳ـ محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه

۴ـ حل تمرین‌های ۱۱ کتاب

۵ـ جمع‌بندی و تعیین تکلیف

قسمت اول درس

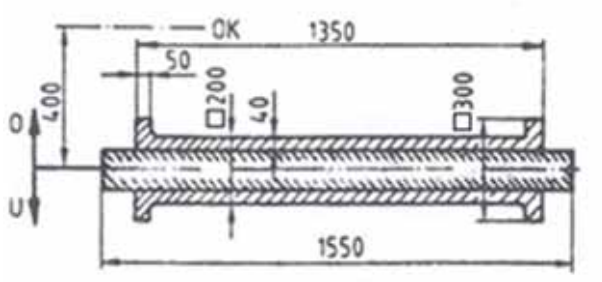
نام و نام خانوادگی

ـ شکل زیر نحوه قالب‌گیری قطعه فولادی به چگالی $۷۰۰۰ kg/m^۳$ را نشان می‌دهد. اگر چگالی ماسه ماهیچه $۱۲۰۰ kg/m^۳$ باشد، مطلوب است:

الف) وزن حقیقی ماهیچه و نیروی ارشمیدس وارد بر ماهیچه، وزن ظاهری ماهیچه و نیروی وارد بر هر ریشه ماهیچه برحسب kN $g = ۱۰ m/s^۲$

ب) نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب برحسب kN

ج) نیروی بالابرنده درجه فوقانی برحسب kN



شکل ۱-۲۲

حل آزمون کلاسی

الف)

$$W_k = \rho \times g \times V_k = ۱۲۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۱۲^۲ \times ۱/۵۵ = ۲۶۷/۸۴$$

$$F_A = \rho \times g \times V' = ۷۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۱۲^۲ \times ۱/۳۵ N = ۱۳۶۰/۸ N$$

$$W' = W_k - F_A = ۲۶۷/۸۴ - ۱۳۶۰/۸ = -۱۰۹۲/۹۶N \uparrow$$

$$\frac{W'}{۲} = \frac{۱۰۹۲/۹۶}{۲} = ۵۴۶/۴۸N \approx ۰/۵۵kN$$

ب)

$$F_N = ۲F_{N۱} + F_{N۲}$$

$$F_{N۱} = \rho \times g \times h_{m۱} \times A'_۱$$

$$h_{m۱} = H - h = ۰/۴ - ۰/۱۵ = ۰/۲۵m$$

$$F_{N۱} = ۷۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲۵ \times (۰/۰۵ \times ۰/۳) = ۲۶۲/۵N$$

$$h_{m۲} = H - h = ۰/۴ - ۰/۱ = ۰/۳m$$

$$F_{N۲} = ۷۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۳ \times (۱/۲۵۰ \times ۰/۲) = ۵۲۵۰N$$

$$F_N = ۲ \times ۲۶۲/۵ + ۵۲۵۰ = ۵۷۷۵N$$

ج)

$$F = F_N + W' = ۵۷۷۵ + ۵۴۶/۴۸ = ۶۳۲۱/۴۸N \approx ۶/۳۲kN$$

قسمت دوم درس

حل تکلیف و تمرین‌های ۶ و ۷ آخر فصل پنجم صفحات ۱۱۶ و ۱۱۷

الف) $W_k = ?$

ب) $F_A = ?$

ج) $W' = ?$

$\rho = ۱۲۰۰ \ kg/m^۳$

$g = ۱۰ \ m/s^۲$

$\rho' = ۶۵۰۰ \ kg/m^۳$

$\pi = ۳/۱۴$

$$W_k = \rho.g.V_k$$

الف)

$$W_k = ۱۲۰۰ \times ۱۰ \times (\frac{۳/۱۴ \times ۰/۱۱^۲}{۴} \times ۰/۶) = ۶۸/۳۸۹۲N$$

$$F_A = \rho'.g.V_A$$

ب)

$$F_A = ۶۵۰۰ \times ۱۰ \times (\frac{۳/۱۴ \times ۰/۱۱^۲}{۴} \times ۰/۴) = ۲۴۶/۹۶۱N$$

ج)

$$W' = W_k - F_A = ۶۸/۳۸۹۲ - ۲۴۶/۹۶۱ = -۱۷۸/۵۷۱۸N$$

نیرو روبه بالا می‌باشد.

حل تمرین‌های ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ در کلاس انجام می‌شود.

قسمت سوم درس: محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه

همان‌طور که بحث شد نیروی بالابرنده درجه فوقانی (F_N) تشکیل شده است از مجموع برآیند نیروهای وارد بر سطح فوقانی قالب، ونیروی وارده بر تمام تکیه‌گاه‌های ماهیچه‌ها (W') که در جهت بلند کردن درجه فوقانی عمل می‌کنند. برای جلوگیری از بلند شدن درجه باید وزن مجموعه درجه فوقانی و وزنه روی آن بیشتر از نیروی بالابرنده باشد. بنابراین لازم است با وزنه‌گذاری صحیح روی درجه فوقانی (یا مهار درجه‌ها توسط پیچ و مهره و بست) مانع بلند شدن درجه شد. در شرایط عملی برای اطمینان بیشتر باید مجموع وزن درجه فوقانی و محتویات درون آن (F_C) و اندازه وزنه‌ها (F_W)، ۱/۵ برابر نیروی بالابرنده باشد یعنی:

$$F_W + F_C = ۱/۵F$$

و چون نیروی بالابرنده، شامل نیروی وارده بر سطح فوقانی قالب و تکیه‌گاه‌های ماهیچه است لذا معادله محاسبه اندازه یا مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$F_W + F_C = ۱/۵(F_N + W')$$

در این رابطه در صورتی که وزن ظاهری W' منفی است به‌صورت مثبت قرار داده می‌شود. چرا که در محاسبات مربوط به وزن ظاهری جهت‌های سمت پایین را مثبت فرض کرده بودیم و وقتی مقدار وزن ظاهری منفی درمی‌آید به معنای این است که جهت نیروی وزن ظاهری به سمت بالا است. و از آنجایی که برای تعیین نیروهای بالابرنده نیرو را در جهت بالا فرض می‌کنیم علامت وزن ظاهری بایستی تغییر کند. بایستی توجه داشت هرگاه نیروی وارده بر تکیه‌گاه‌ها (W' وزن ظاهری) و نیروی وارد شده بر سطح فوقانی قالب (F_N) جهت آن به سمت بالا باشد باهم جمع می‌شوند ولی اگر جهت وزن ظاهری ماهیچه به‌طرف پایین باشد، این نیرو در بلند شدن لنگه فوقانی درجه تأثیری ندارد. و به‌عبارتی می‌توان گفت تحت چنین شرایطی وزن ظاهری ماهیچه بر قسمت‌های تحتانی تکیه‌گاهی ماهیچه وارد شده، که با عکس‌العمل آن قسمت‌ها خنثی می‌شود.

از طرف دیگر می‌دانیم که وزن ظاهری ماهیچه، تفاضل وزن حقیقی ماهیچه از نیروی ارشمیدس است یعنی:

$$-W' = F_A - W_k$$

پس رابطه کلی محاسبه مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری برابر است با:

$$F_W = ۱/۵(F_N + F_A - W_k) - F_C$$

$$F_A - W_k \geq ۰$$

مثال ۱: در قالب‌گیری قطعه‌ای ماهیچه‌دار نیروی وارد بر سطح فوقانی ۲kN و نیروی وارد بر تکیه‌گاه‌های ماهیچه ۰/۷kN است اگر وزن درجه فوقانی با محتویات درون آن برابر ۱/۸kN باشد مقدار وزنه لازمه جهت وزنه‌گذاری روی درجه را برای جلوگیری از بلند شدن لنگه فوقانی درجه را برحسب N به‌دست آورید.

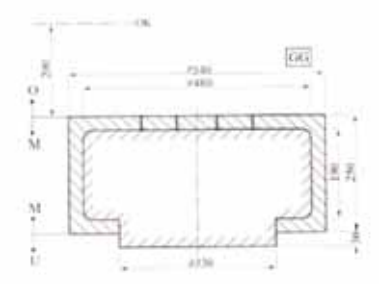
$F_N = ۲kN = ۲۰۰۰N$ $F_W = ۱/۵(F_N + W') - F_C$

$W' = ۰/۷KN = ۷۰۰N$ $F_W = ۱/۵(۲۰۰۰+۷۰۰) - ۱۸۰۰ = ۲۲۵۰N$

$F_W = ?$ $F_W = ۲۲۵۰N$

قسمت چهارم درس

تمرین ۱۱: در شکل زیر نیروی وارد بر هر چپلت و همچنین نیروی وارد بر سطح فوقانی قالب را محاسبه و تعیین کنید. چگالی مذاب $۶۷۰۰kg/m^۳$ و چگالی ماسه ماهیچه $۱۲۰۰kg/m^۳$ تعداد چپلت‌ها ۸ عدد هستند که به‌طور متقارن روی سطح فوقانی ماهیچه قرار گرفته‌اند. از نیروی اصطکاک بین جدارهٔ اطراف ریشه ماهیچه و ماسهٔ درجه زیری صرف‌نظر شود.



شکل۲-۲۲

$\pi = ۳/۱۴$

$g = ۹/۸ \ m/s^۲$

این مسئله با دو فرض پربودن و نیمه پربودن قالب می‌تواند حل شود.

۱ـ فرض پربودن قالب

نیروی وارد به سقف محفظه قالب:

$$F_N = \rho.g.h.A = ۶۷۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲ \times \frac{۳/۱۴ \times ۰/۵۴^۲}{۴} = ۳۰۰۵/۹۹N$$

نیروی وارد از طرف مذاب بر سطح بالایی ماهیچه $h_۱ = ۲۰۰ + ۳۰ = ۲۳۰cm = ۰/۲۳m$

$$A_۱ = \frac{\pi}{۴}D^۲ = \frac{۳/۱۴}{۴} \times ۰/۴۸^۲ = ۰/۱۸۰۸۶۴m^۲$$

$$F_۱ = \rho_M.g.h_۱.A_۱ = ۶۷۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۲۳ \times ۰/۱۸۰۸۶۴ = ۲۷۳۱/۳۷N$$

نیروی وارد از طرف مذاب بر سطح پایینی ماهیچه:

$h_۲ = ۲۰۰ + ۳۰ + ۱۹۰ = ۴۲۰cm = ۰/۴۲m$

$$A_۲ = \frac{\pi}{۴}(D_{out}^{۲} - D_{in}^{۲}) = \frac{۳/۱۴}{۴} \times (۰/۴۸^{۲} - ۰/۳۳^{۲}) = ۰/۰۹۵۳۷۷۵$$

$$F_۲ = \rho_M . g . h_۲ . A_۲ = ۶۷۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۴۲ \times ۰/۰۹۵۳۷۷۵ = ۲۶۳۰/۲۴N$$

وزن ماهیچه $$W_k = \rho_k . g . V_k = ۱۲۰۰ \times ۹/۸ \times (\frac{۳/۱۴ \times ۰/۳۳^{۲}}{۴} \times ۰/۰۶ + \frac{۳/۱۴ \times ۰/۴۸^{۲}}{۴} \times ۰/۱۹)$$

$$W_k = ۴۶۴/۴۴N$$

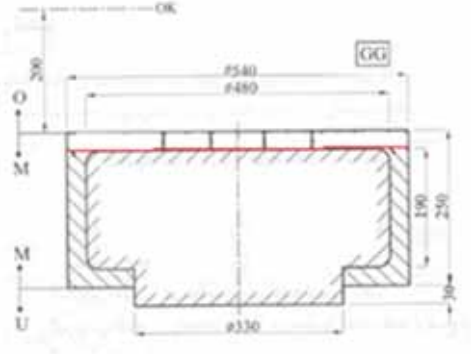
برآیند نیروهای وارد بر ماهیچه (وزن ظاهری ماهیچه):

$$W' = W_k - F_۲ + F_۱ = ۴۶۴۴۴ - ۲۶۳۰۲۴ + ۲۷۳۱/۳۷ = ۵۶۵/۵۷N$$

چنانچه مشاهده می‌شود، نیرویی به سمت بالا وارد نمی‌شود. بلکه وزن ظاهری مثبت است و نیرو به سمت پایین می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد، اگر مذاب کاملاً قالب را پرکرده باشد ماهیچه بدون وجود چپلت‌ها در جای خود ثابت خواهد ماند. در این حالت نیروی بلند کننده درجه رویی فقط F_N که برابر N ۳۰۰۵/۹۹ است، خواهد بود.

۲ـ این مسئله با فرض نیمه‌پربودن قالب به نحو زیر بایستی حل شود.

البته توجه خواهید داشت که در هنگام پرشدن قالب به‌دلیل نبودن مذاب روی سطح بالای ماهیچه چون فقط از طرف پایین به ماهیچه نیرو وارد می‌شود، ممکن است ماهیچه شناور شود. در این حالت یعنی حالت نیمه پر قالب (به شکل زیر توجه فرمایید)، مقدار نیرویی که از طرف مذاب به ماهیچه وارد خواهد شد عبارت است از:



شکل۳-۲۲

$$h = ۱۹۰cm = ۰/۱۹m$$

$$A = \frac{\pi}{۴}(D_{out}^{۲} - D_{in}^{۲}) = \frac{۳/۱۴}{۴} \times (۰/۴۸^{۲} - ۰/۳۳^{۲}) = ۰/۰۹۵۳۷۷۵$$

$$F = \rho_M .g.h.A = ۶۷۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۱۹ \times ۰/۰۹۵۳۷۷۵ = ۱۱۸۹/۸۷N$$

این مقدار از قانون ارشمیدس نیز قابل دستیابی می‌باشد.

با توجه به وزن ماهیچه برآیند نیروها برابر خواهد بود با:

$$W' = W_k - F = ۴۶۴۴۴ - ۱۱۸۹/۸۷ = -۷۲۵/۴۳N \uparrow$$

پس در این حالت مقدار نیروی وارد بر هر چپلت:

$$F_{chap} = \frac{۷۲۵/۴۳}{۸} = ۹۰/۶۸N$$

به هرحال با توجه به این که ماهیچه نباید از جای خود در حین بارریزی حرکت کند، باید چپلت‌ها در محل کارگذاری شود.

توجه داشته باشید اساساً قانون ارشمیدس را در مورد اجسام غوطه‌ور و شناور می‌توانید استفاده کنید.

در این حالت نیرو به سقف محفظه قالب وارد نخواهد شد.

قسمت پنجم درس: جمع‌بندی و تعیین تکلیف

ـ مقدار وزنه لازم جهت وزنه‌گذاری روی درجه برابر است با مجموع نیروی وارده بر سطح فوقانی قالب و تکیه گاه‌های ماهیچه منهای وزن درجه و محتویات درون آن یعنی:

$$F_W = ۱/۵(F_N + W') - F_C \Rightarrow F_W = ۱/۵(F_N + F_A - W_k) - F_C$$

برای جلسه آینده تمرین ۱۲ حل گردد.