



این مجموعه بسیار ارزشمند توسط عضو اصلی سایت سرکار خانم مهین صالح وند تهیه شده است .

مدیریت سایت ماکزیمم تکنیک : فرزین نجفی پور

آزمایش سقوط آزاد بر لوله

مقدمه

یکی از آزمایشات مخرب لوله های تولیدی مطابق استاندارد API آزمایش سقوط آزاد است که در این آزمایش نمونه ای به ابعاد $h=3''$, $L=12''$ به ضخامت ورق مورد نظر ساخته میشود. جهت تمرکز تنش شیاری به ابعاد مشخص در زیر نمونه ایجاد و سپس آن را جهت آزمایش شکست زیر دستگاه قرار میدهند. نحوه کار دستگاه به این صورت است که وزنه ای از ارتفاع معین به صورت سقوط آزاد روی قطعه فرود آمده و تمام انرژی پتانسیل آن به انرژی جنبشی تبدیل شده و در قطعه تخلیه می گردد. توضیح بیشتر اینکه از آنجائیکه خواص مکانیکی فولادها از نظر نوع شکست (ترد یا پلاستیک) کاملاً به درجه حرارت فولاد بستگی دارد ، تعیین درجه حرارت بحرانی ، یعنی درجه حرارتی که محل گذر رفتار پلاستیکی به رفتار ترد (brittle) می باشد از اهمیت بسیار بالائی برخوردار میباشد. تست یا آزمایش ضربه در اثر سقوط وزنه در واقع برای تعیین همین درجه حرارت بحرانی میباشد. برای توضیح گذر از حالت شکست ترد به حالت شکست پلاستیک دو نوع تنش کششی معرفی می گردد : ۱- تنش کششی σ_{11} که معرف شکست در حالت ترد بوسیله جدا شدن قطعه در امتداد صفحه اصلی می باشد ۲- تنش کششی σ_2 که مربوط به شروع لغزش در امتداد یکی از صفحات هشت وجهی کریستال می باشد. در شکل (۱) σ_s و σ_n به صورت تابعی از درجه حرارت t مشخص شده اند ، همانطور که مشاهده میشود مقاومت در برابر جدایش بدون وابستگی به درجه حرارت ثابت باقی مانده است ، در حالی که مقاومت نسبت به لغزش صفحات بر روی یکدیگر با افزایش دما کاهش می یابد. محل تلاقی دو منحنی دمای بحرانی را مشخص می سازد. بنابراین در صورتی که دمای آزمایش کشش بالاتر از دمای بحرانی باشد مقاومت نسبت به جدایش بیش از مقاومت نسبت به لغزش خواهد بود و بالعکس . حال اگر سرعت بارگذاری بیشتر گردد مقاومت در برابر لغزش بیشتر شده لیکن مقاومت در برابر جدایش تغییر نمی کند. بنابراین منحنی خط چین نشان دهنده مقاومت لغزشی نسبت به تغییر دما در حالت ضربه میباشد. همانطور که ملاحظه می شود دمای بحرانی در این حالت بیشتر از حالت استاتیک می باشد. این نتیجه گیری به وسیله آزمایش ضربه اثبات میشود. ضمام ۱ ، ۲ ، ۳ شامل متن استانداردهای E208 ، E436 ، E604 و انجمن مواد و آزمایشات آمریکا (American Society of Testing and Materials = ASTM) مربوط به انجام آزمایش شکست در اثر سقوط وزنه (Drop Weight Tear Test = DWTT) میباشد.

با توجه به اینکه دستگاههای آزمایش سقوط آزاد موجود در آزمایشگاه قادر به تامین انرژی لازم جهت شکست نمونه های آزمایش ضربه در تمامی پروژه ها به نحو مورد نظر نبود ، در خواست ساخت یک دستگاه با توانائی لازم از طرف مدیریت ارجاع می گردد.

محاسبه انرژی لازم برای شکست نمونه

همانطور که در مقدمه ذکر گردید ، دستگاههای آزمایش سقوط آزاد موجود با انرژی حداکثر

توانائی شکست ضخیم ترین نمونه با ابعاد استاندارد $12'' \times 3'' \times 1''$ و از نوع فولاد

$$mgh = \frac{400 \times 10 \times 1.8}{1000} 7.2 KJ$$

X70 را نداشته و در نتیجه امکان انجام آزمایش سقوط آزاد برای این ابعاد وجود نداشت . بنابراین گام نخست برای

ساخت دستگاه جدید ، محاسبه مقدار انرژی مورد نیاز جهت شکست نمونه ای با حداکثر ضخامت و حداکثر تنش

تسلیم فولاد و سپس محاسبه وزن و ارتفاع سقوط وزنه بود.

با توجه به اینکه برای محاسبه انرژی لازم جهت شکست قطعه در اثر ضربه، معادلات و روابط مشخص و شفافی وجود ندارد، برای انجام این امر از دو روش استفاده گردید: روش اول روش آزمایش و تئوری تواما، و روش دوم روش کاملاً نظری بقاء یا تبدیل انرژی.

روش اول:

چون سطح زیر منحنی تنش - کرنش در آزمایش کشش مشخص کننده دانسیته انرژی کرنشی نمونه است، چند قطعه فولاد σ_u مورد استفاده در ساخت لوله ها تحت آزمایش کشش قرار داده شده و مقادیر σ_u (تنش تسلیم)، σ_b (تنش نهائی) و σ_y (تنش گسیختگی) اندازه گیری شد. از آنجائیکه در کتابچه σ_u مقدار σ_u (تنش گسیختگی) برای فولاد σ_u مشخص نشده است، ابتدا با استفاده از نسبت بین مقادیر σ_u ، σ_y ، σ_b و σ_u مقدار تقریبی σ_u محاسبه شده سپس منحنی تنش - کرنش در کاغذ مدرج ترسیم شده دانسیته انرژی کرنشی محاسبه گردید و پس از ضرب کردن این مقدار در حجم نمونه آزمایشی کشش، انرژی لازم جهت شکست قطعه تعیین گردید.

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_y = 90000 \text{ psi} \\ \sigma_u = 110000 \text{ psi} \\ \sigma_y = 80000 \text{ psi} \\ \sigma_u = 90000 \text{ psi} \\ \sigma_b = 69000 \text{ psi} \end{array} \right\} \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \frac{\sigma_b}{\sigma_y} \Rightarrow \sigma_b = 85000 \text{ psi}$$

با استفاده از منحنی U ، دانسیته انرژی کرنشی برابر $2 \text{ lb/in}^2 \cdot 0.75 \text{ lb/in}^2$ محاسبه می شود. از سوی دیگر V حجم نمونه کشش برابر است با $2 \text{ in} \times 0.817 \text{ in} \times 1.507 \text{ in} = 2.462 \text{ in}^3$ و لذا U ، انرژی لازم جهت شکست، به شرح زیر محاسبه می گردد.

$$U = u \cdot V = 40750 \times 2.462 = 100327 \text{ lb.in} = 11.3 \text{ KJ}$$

بنابراین انرژی لازم برای شکست فولاد X70 با حجم نمونه کششی برابر است با $U = 11.3 \text{ KJ}$ و چنانچه ضریب اطمینان برابر 1.5 فرض شود، مقدار انرژی لازم برای دستگاه در حدود 17 کیلو ژول خواهد بود. بنابراین مبنای ساخت دستگاه تامین حداکثر 17 KJ انرژی میباشد. با توجه به اینکه انرژی حاصله از سقوط وزنه از رابطه $E = mgh$ به دست می آید می توان جرم و ارتفاع سقوط را معین نمود. در رابطه مذکور:

$$E: \text{ انرژی پتانسیل وزنه قبل از سقوط (در ارتفاع } h \text{ از نمونه)}$$

m : جرم وزنه

h : ارتفاع رها سازی وزنه

g : شتاب ثقل (که برابر 2 m/sec^2 فرض شود)

از آنجائیکه ارتفاع دستگاه باید از محدودیت ارتفاع فضای آزمایشگاه تبعیت کند، ارتفاع مفید سقوط وزنه در حدود

$$m = \frac{W}{gh} \quad \text{به دست می آید:}$$

$$m = \frac{17000}{10 \times 2} = 850 \quad \text{یعنی جرم وزنه در حدود 850 کیلوگرم خواهد بود.}$$

روش دوم:

۱- تحلیل محاسبات طراحی دستگاه سقوط آزاد

همانطوریکه در مقدمه توضیح داده شد، قطعه ای فولادی به طول 12 in و ارتفاع 3 in و ضخامت موردنظر، که روی دو تکیه گاه گسترده به فاصله 10 in قرار گرفته است در اثر رها شدن یک وزنه از یک ارتفاع معین به صورت سقوط آزاد از وسط شکسته میشود. برای شکست این قطعه نیروی مشخصی نیاز است تا بتواند این قطعه را از نقطه تسلیم گذرانده و به حد پلاستیک و سپس گسیختگی برساند که برای محاسبه این نیرو میتوان از معادلات الاستوپلاست

استفاده کرد. توضیح آنکه چون بنابر منطق آزمایش نمی توان این نیروی عظیم را به تدریج در قطعه اعمال کرد و لازم است که این نیرو یک مرتبه و آنی در جسم تخلیه شده و باعث شکست آن گردد، بهترین وسیله برای این منظور تخلیه انرژی پتانسیل وزنه رها شده در اثر سقوط آزاد، و یا مؤثرتر از آن، تخلیه انرژی پتانسیل وزنه و رها شدن فنر تواما" میباشد. با صرف نظر کردن از اتلافات ناچیز (مانند مقاومت هوا، اصطکاک و...) انرژی مذکور تماما" به انرژی جنبشی جهت شکست قطعه تبدیل می شود که با نوشتن معادلات دینامیکی و موازنه این دو انرژی می توان مجهول مسئله، یعنی جرم وزنه را محاسبه کرد.

۲- محاسبه نیروی لازم برای گسیختگی قطعه

واضح است که دستگاه باید برای حداکثر ضخامت و درجه فولاد طراحی شود. حداکثر ضخامت تولیدی کارخانه "1 و حداکثر درجه فولاد X70 است. با توجه به استاندارد API حداکثر تنش نهائی این فولاد برابر 110,000 psi است در زیر، وضعیت نمونه روی تکیه گاه است.

$$M_p = \frac{2}{3}bc^2\sigma_u \quad \text{و} \quad M_u = \frac{3}{2}M_p \quad \text{مطابق روابط الاستوپلاست:}$$

در این روابط

MP : گشتاور پلاستیک

Mu : گشتاور گسیختگی

b : ضخامت قطعه که برابر است با "1

c : فاصله دورترین لایه قطعه تا تار خنثی که برابر است با $\frac{3}{2}$ " یعنی "1/5

σ_u : تنش گسیختگی

$$M_p = \frac{2}{3} \times 1" \times 1.5"^2 \times 110000 = 165 \times 10^3 \quad \text{lb.in} \quad \text{است. بنابراین:}$$

$$\text{lb.in} \quad M_u = 1.5M_p = 247500$$

معادلات استاتیکی نیروهای وارده بر نمونه (که به مثابه یک تیر عمل می کند) به قرار زیر است:

$$F_A = F_B$$

$$F = F_A + F_B = 2F_A$$

$$F_A = \frac{M_u}{L/2}$$

$$F = \frac{4M_u}{L}$$

در این معادلات F نیروی گسیختگی، F_A, F_B عکس العمل های تکیه گاه و L طول مؤثر نمونه (فاصله بین دو تکیه گاه) است.

$$F_A = \frac{M_u}{10/2} = 49500 \text{ lb}$$

$$F = 2F_A = 99000 \quad \text{lb}$$

$$\text{N} F = 440352$$

۳- محاسبه انرژی پتانسیل مورد نیاز بدون پتانسیل فنر

ΔU : انرژی پتانسیل ΔT : انرژی جنبشی

معادله موازنه انرژی: $\Delta U = \Delta T$

$$\Delta U = mg\Delta h$$

$$\Delta T = \frac{1}{2}m(V_1^2 - V_0^2)$$

با توجه به فضای موجود در آزمایشگاه و ابعاد دستگاه فقط ارتفاع 2.08 متر جهت سقوط آزاد وزنه در اختیار میباشد.

چنانچه وزنه بدون سرعت اولیه ($V_0=0$) از این ارتفاع رها شود سرعت لحظه برخورد از معادله $V_1 = \sqrt{2gh}$

$$V_1 = \sqrt{2 \times 9.81 \times 2.08} = 6.39 \text{ m/sec}$$

قابل محاسبه است ، لذا :

حال چنانچه این وزنه هنگام رسیدن به قطعه تا تار خنثی در قطعه فرو رود یا آنرا تا آن نقطه خم کند ، نقطه مقابل آن یعنی از تار خنثی تا پائینترین قسمت قطعه تحت کشش و گسیختگی قرار گرفته و جسم به طور کامل گسیخته میشود . پس با این فرض لازم است که وزنه تا مرکز قطعه فرو رفته و سپس متوقف گردد، یعنی $V_2 = 0$ در این لحظه تمام انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی شکست قطعه تبدیل شده است. در نتیجه با فرضیات زیر:

$$1 = \frac{3}{2}'' = 1.5'' = .038 \text{ m}$$

: مسافت طی شده توسط چکش وزنه پس از برخورد با نمونه

t : زمان طی شده در مسافت l

a : شتاب کند شونده فر رفتن وزنه در قطعه

m: جرم مورد نیاز جهت ایجاد نیروی گسیختگی

$$V_1 = 6.39 \text{ m/sec}$$

: سرعت وزنه در لحظه برخورد به قطعه

F : نیروی گسیختگی قطعه

می توان روابط و معادلات زیر را نوشت :

$$2al = V_2^2 - V_1^2$$

$$a = \frac{0^2 - (6.39)^2}{2 \times 0.038} = -537 \text{ m/s}^2$$

$$t = \frac{V_2 - V_1}{a} = \frac{0 - 6.39}{-537} = .0119 \text{ Sec}$$

مطابق قانون ضربه:

$$Fdt = m\Delta v$$

$$m = \frac{\int_0^{.0119} F dt}{\int_{6.39}^0 dv} = \frac{440352 \times 0.0119}{6.39} \Rightarrow m = 817 \text{ kg}$$

بنابراین جرم مورد نیاز وزنه برابر 817 kg خواهد بود که تفاوت جزئی با جرم به دست آمده از روش قبلی دارد. اگر علاوه بر وزنه ، از فنر نیز استفاده شود می توان از انرژی فنر استفاده کرده و جرم وزنه را کاهش داد. در این صورت معادله تبدیل (موازنه) انرژی به صورت $\frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} kx^2 + mg\Delta h$ خواهد بود که یک معادله با بیش از یک مجهول است. این معادله به روش سعی و خطا قابل حل است که چون در عمل از فنر استفاده نمی شود از حل این معادله صرف نظر میشود.

فونداسیون دستگاه

با توجه به اطلاعات موجود ، جرم فونداسیون دستگاه باید در حدود ۱۰ برابر جرم وزنه دستگاه باشد و چون جرم وزنه برابر با 820 kg میباشد در نتیجه مقدار جرم فونداسیون باید 8200 kg باشد . با توجه به وزن حجمی بتن آرمه که برابر 2700 kg است در نتیجه ابعاد بتن زیر دستگاه باید در حدود 3m3 باشد ، یعنی 1.5 m × 1.20 m × 1.7m .

ساختار یا شکل کلی دستگاه

بررسی های انجام شده در زمینه انتخاب شکل دستگاه از طریق اینترنت و مراجع دیگر نشان می دهد که اکثر دستگاهها از نظر شکل کلی تقریباً مشابه هستند و تفاوت آنها در شکل وزنه و محل قرار گرفتن میله های راهنما و نحوه میرا کردن ضربه وارده به فونداسیون دستگاه است.

اجزاء تشکیل دهنده دستگاه

الف) اجزاء مکانیکی

۱- صفحه زیرین دستگاه : با توجه به اینکه ضربات ناشی از برخورد چکش با نمونه باعث ایجاد ضربه در هر یک از اعضا دستگاه می شود صفحه زیرین دستگاه بصورت سه تکه و با ضخامت بالا (حدود ۴۰ میلیمتر) ساخته شد.

۲- چهارچوب دستگاه : از آنجائیکه ارتفاع دستگاه و در نتیجه ارتفاع چهارچوب زیاد است ، بنابراین چهارچوب فقط از نظر کماتش مورد بررسی قرار داده می شود. جرم مؤثر ، شامل جرم وزنه همراه با قطعات جانبی ، برابر 1000 kg در نظر گرفته می شود.

$$P_{cr} = \frac{p^2 EI}{Le^2}$$

معادله نیروی بحرانی ستون یک سردرگیر و یک سر آزاد:

در این معادله :

P_{cr} : نیرو بحرانی یا وزن اعمالی به چهارچوب

E : مدول الاستیسته فولاد که برابر $310 \times 10^3 \text{ MPa}$ فرض میشود.

I : ممان اینرسی

L : ارتفاع ستون که برابر ۳۷۵۰ mm است.

$L_e = 2L$: ارتفاع مؤثر ستون که دو برابر ارتفاع واقعی ستون است.

n : ضریب اطمینان که برابر ۳ فرض می شود.

$$P = 1000 \times 2 \times 10 = 20000 \text{ N}$$

$$P/4 = \frac{20000}{4} = 5000 \text{ N}$$

وزن وارد بر یک ستون

$$I = \frac{nxp \cdot (2l)}{\pi^2 E} = \frac{3 \times 5000 (2 \times 3750)}{\pi^2 (200 \times 10^3)} = 427440 \text{ mm}^4$$

با مراجعه به جدول قوطی های استاندارد سبک ترین نیمرخ برای این منظور قوطی 60 با ضخامت 4 میلیمتر است که با توجه به موجودی برای این دستگاه از قوطی 90 میلیمتر با ضخامت ۲/۲۵ و ممان اینرسی تقریبی mm^4 ۱۰۱۴۱۸۷ استفاده گردید .

۳- میله های راهنما : از آنجائیکه ارتفاع این میله ها زیاد است و هر گونه انحرافی در راستائی آنها باعث کندی یا عدم حرکت وزنه خواهد شد و از آنجائیکه میله های با قطر 50 mm و کمتر از آن به طول ۳ متر و بالاتر دارای اندکی حالت قوسی می باشند ، لذا قطر بیرونی آن بزرگ (76 mm) در نظر گرفته میشود. ضمناً سطح بیرونی آن کاملاً صاف و صیقلی میباشد (آب کرم کاری شده) .

۴- وزنه : از آنجائیکه هر چه فاصله میله های راهنما از مرکز وزنه بیشتر باشد تعادل حرکتی سقوط وزنه بیشتر بوده و امکان تمرکز جرم در وسط وزنه بیشتر خواهد بود که این باعث تاثیر بیشتر نیروی ضربه خواهد شد ، بنابراین وزنه طوری طراحی شده که میله های راهنما از دو انتهای آن عبور نمایند. ضمناً با توجه به اینکه هرچه ارتفاع وزنه بیشتر باشد ارتفاع مرکز ثقل آن بالاتر می رود ، وزنه بصورت مرتفع طراحی شده است. از نظر قابلیت افزایش وزن هم این وزنه به گونه ای ساخته شده که بتوان با اندکی تغییرات وزن آنرا افزایش داد. از طرفی در سوراخهای عبور میله های راهنما پوشهای برنجی تعبیه گردیده است که در صورت ایجاد سایب بوشها از بین برود نه میله های راهنما. این وزنه کلاً از دو بخش ثابت و متغیر ساخته شده است که بخش ثابت آن از جنس فولاد به وزن حدود 350kg بوده و بخش متغیر آن شامل ۹ تا ۱۱ صفحه سربی است که وزن هر کدام حدود 50 kg میباشد.

۵- سندان : این قطعه محل استقرار نمونه آزمایش میباشد که از جنس فولاد 4140 ساخته شده است.

۶- ضربه گیر : از آنجائیکه پس از برخورد و شکست قطعه نمونه ممکن است هنوز هم مقداری انرژی در وزنه باقی مانده باشد و در صورت آزاد بودن مسیر حرکت وزنه ممکن است باعث آسیب زدن به بخش های دیگر دستگاه گردد ، در انتهای میله های راهنما از یک ضربه گیر از جنس لاستیک مخصوص استفاده شد که

حرکت وزنه را پس از برخورد متوقف می سازد. ضمناً چنانچه وزنه بدون وجود قطعه نمونه رها شود توسط این ضربه گیرها متوقف می شود.

۷- تجهیز قفل شونده به وزنه جهت بالابردن آن: این تجهیز شامل قسمت اصلی، قلاب، بوشها و تجهیزات هوایی جهت اتصال و قطع اتصال قلاب به وزنه میباشد.

۸- چکش: با توجه به تاثیر شکل محل برخورد چکش با نمونه آزمایش در انتقال انرژی به قطعه و همچنین استحکام چکش و دوام کارکرد آن، چکش مورد استفاده به صورتی طراحی گردید که حداکثر قوس در نوک چکش* وجود داشته و در انتهای چکش نیز جهت کاهش تمرکز تنش از قوس مناسب استفاده شده و برخلاف چکش دستگاههای قبلی، به جای اینکه چکش با یک پیچ در وسط به وزنه متصل شود در یک سطح دایره ای و با چهارپیچ به وزنه متصل میشود. ضمناً جنس آن از فولاد 4140 سخت شده میباشد.

قطر قسمت اتصال چکش به وزنه با استفاده از نیروی وزنه و به این نحو قابل محاسبه است که هر گاه وزنه ای به وزن W از ارتفاع H به صورت سقوط آزاد روی تیری سقوط کند، نیروی ضربه، از رابطه

$$F = W(1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta st}})$$

به دست می آید. در این رابطه، $W=mg=850 \times 10=8500 \text{ N}$ ، مقدار H برابر

$\Delta st = \frac{wl^2}{48EI}$ و 2080 mm خیز تیر ناشی از اعمال بار W به صورت استاتیکی می باشد که از رابطه

محاسبه می گردد که در آن I طول مؤثر نمونه آزمایش، برابر است با 254 mm ، همچنین I

ممان اینرسی نمونه که برابر است با $25.4 \times \frac{76^3}{12}$ و E مدول الاستیسیته نمونه آزمایش است. بنابراین:

$$\Delta st = \frac{8500(254)^3}{48(200 \times 10^3) \times (25.4)(76)^3 / 12} = 0.015 \text{ mm}$$

پس از مقدار گذاری در رابطه مربوطه مقدار F برابر KN

۵۰۰ بدست می آید. حال می توان با استفاده از رابطه $\sigma_y = \frac{F}{A} \times n$ که در آن σ_y تنش قابل تحمل توسط

چکش (برای فولاد 4140 برابر 817 MPa)، نیروی وارده به چکش در اثر ضربه و n ضریب اطمینان (برابر $1/8$ فرض می شود)، A سطح اتصال چکش به وزنه را محاسبه کرد.

$$A = \frac{4500 \times 10^3}{417} \times 1.8 \Rightarrow A = 19400 \text{ mm}^2$$

d قطر محل اتصال چکش به وزنه، از رابطه $d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$ قابل محاسبه است که بعد از جایگذاری مقادیر مقدار برابر 157 mm به دست می آید که برابر 160 mm انتخاب می شود.

* گرچه ممکن است به نظر میرسد که هرچه چکش نوک تیزتر باشد عمل شکستن نمونه راحت تر و سریعتر

انجام می گیرد، لیکن واقعیت خلاف این است. با توجه به اینکه شکست نمونه به صورت ضربه و ناگهانی صورت می گیرد، هرگاه قوس چکش بیشتر باشد، نواحی بیشتری از نمونه تحت تاثیر تنش قرار می گیرد و بنابراین

عمل شکست سریعتر و راحت تر انجام می گیرد. قطر قوس چکش قبلی $1 \frac{1}{2}''$ بود. بنابر آنچه گفته شد، قطر قوس چکش جدید برابر $2''$ انتخاب شد.

۹- کلمپ: در انتهای میله های راهنما جهت اتصال آنها به قسمت بالائی قاب از دو عدد کلمپ که از جنس فولاد 4140 ساخته شده استفاده شده است.

ب) تجهیزات هوایی

۱- جک هوایی یک طرفه به قطر $4''$ و کورس $3''$

۲- شیر مغناطیسی هوایی $1/4''$ از نوع 5/2 مدل MFH-5-1/4

۳- لوازم استاندارد حفاظت مصرف کننده های هوایی شامل: رگولاتور فشار هوا، رطوبتگیر و روغنزن

ج) قطعات و تجهیزات برقی و کنترلی

۱- موتور و متعلقات بالابر وزنه: از آنجائیکه موتور بالابر دستگاههای آزمایش سقوط آزاد قبلی در بالای دستگاه قرار داشت که مشکلاتی در هنگام تعمیر و یا تعویض موتور ایجاد می کرد، در طرح جدید موتور در روی زمین و در کنار دستگاه قرار داده شده و برای هدایت سیم بکسل از دو قرقره استفاده می شود. چنانچه P توان موتور، V سرعت بالا رفتن، F وزن قطعات متحرک بالا رونده، M جرم این قطعات برابر 1000kg ، $g = 10\text{m/sec}^2$ شتاب ثقل، $h=2\text{m}$ میزان بالا رفتن، $t=15\text{sec}$ زمان بالا رفتن و $n = 1/5$ ضریب اطمینان فرض شود توان موتور بالابر به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$P = nFV = nmg \frac{h}{t} = 1.5 \times 1000 \times 10 \times \frac{2}{15} = 2000W = 2kW$$

چون یک موتور $2/2\text{KW}$ در دسترس بود از این موتور استفاده شد. این موتور دارای رله اضافه بار و ترمز الکتریکی از نوع لنتی میباشد.

۲- تابلوی کنترل شامل ۶ عدد کلید و سه عدد لامپ میباشد که بترتیب $S1$ برای روشن کردن سیستم کنترل، $S2$ بالابردن قلاب، $S3$ پائین آوردن قلاب، $S4$ بالابردن قلاب بدون وزنه، $S7$ فرمان سقوط وزنه و $S8$ کلید دو حالت آماده سازی جهت فرمان سقوط است.

۳- سنسورهای حفاظی که شامل یک سنسور میکروسویچی ($S5$) میباشد و با درگیری کامل قلاب با وزنه فرمان می دهد و یک سنسور نوری ($B1$) برای تشخیص وجود قطعه نمونه بطوری که تا این سنسور وجود نمونه آزمایشی را حس نکند فرمان سقوط وزنه را نمی دهد و یک سنسور یا کلید مجاورتی ($B2$) برای جلوگیری از سقوط وزنه در زمان انجام کارهای تعمیراتی که در میانه راه وزنه قرار داده شده است.

۴- کلید فشاری $S4$ برای از مدار خارج کردن موقت میکروسویچ $S5$ و بالابردن قلاب بدون وزنه

۵- کلید حدی $S6$ جهت محدود کردن حرکت قلاب در هنگام بالا رفتن

۶- کلید حدی $S9$ جهت محدود کردن حرکت قلاب در هنگام پائین رفتن

۷- لامپ $H1$ نشان دهنده وصل بودن سیستم کنترل (سبز) - لامپ $H2$ نشان دهنده آمادگی برای سقوط وزنه (قرمز) لامپ $H3$ نشان دهنده درگیری کامل قلاب با وزنه (سبز رنگ)

۸- مدار هشدار دهنده برای اعلام آمادگی دستگاه جهت سقوط وزنه

مونتاژ دستگاه

پس از آماده شدن کلیه قطعات مکانیکی و خرید قطعات مورد نیاز برقی مونتاژ قطعات مکانیکی توسط کارگاه هیدرولیک و طراحی و ساخت مدار فرمان برقی انجام پذیر می باشد.

آزمایش دستگاه

آزمایش دستگاه به وسیله شکستن چند نمونه فولاد از جنس $X65$ و با ضخامت یک اینچ و در دمای محیط و با وزن 750KG و ارتفاع $2/08$ متر انجام گرفت که نمونه ها بطور کامل بریده شدند.

شرح مدارات برقی دستگاه

نقشه های مدارات برقی دستگاه عناصر و تجهیزات الکتریکی که ذیلاً شرح داده می شود، کارکرد صحیح، همراه با ایمنی را تحقق می بخشد:

۱- الکترو موتور: این موتور ($3HP-5.7A$) که دارای ترمز الکتریکی از نوع لنتی می باشد وظیفه بالا و پائین بردن قلاب با وزنه را به عهده دارد و ترمز آن وزنه را در هر نقطه از مسیر متوقف می کند.

۲- کلید قدرت $Q1$: این قطعه برق دستگاه را قطع یا وصل می کند.

۳- کلید اضافه بار $Q2$: این قطعه جهت حفاظت موتور در برابر اضافه جریان نصب شده و پیچ تنظیم جریان روی $4A$ قرار داده شده است. اگر به هر دلیلی (برقی یا مکانیکی) کلید مذکور قطع شود، کنتاکت کمکی $Q2$ که با کلید $S1$ سری شده است، دستگاه را خاموش می کند.

۴- میکرو سوئیچ $S1$ و لامپ $H3$: وقتی قلاب پائین آمد و وزنه را گرفت، میکروسویچ $S1$ تحریک شده و ضمناً لامپ سبز رنگ $H3$ روشن می شود و بنابراین اپراتور اطمینان حاصل می کند که قلاب وزنه را گرفته است.

همچنین میکروسوئیچ S1 رله K4 را برقرار می کند که آن هم در به وجود آمدن شرایط جهت حرکت قلاب به سمت بالا و سقوط وزنه مؤثر است.

۵- سنسور نوری B1 : سنسور مذکور وجود قطعه کار را در جایگاه تعیین شده تشخیص می دهد و با تحریک K5 یکی از عوامل شرایط سقوط را به وجود می آورد.

۶- کلید حدی S6 : محدود کردن حرکت قلاب به سمت بالا توسط این قطعه صورت می گیرد که در صورت عمل نکردن ، احتمال پارگی سیم بکسل می رود لذا چک کردن این قطعه بسیار مهم است.

۷- کلید حدی S9: وقتی قلاب پائین می آید تماس آن با وزنه ، کلید حدی مذکور را ، که در داخل قلاب تعبیه شده است ، درگیر می کند و با تحریک شدن خود موجب قطع برق موتور و جلوگیری از شل شدن بیش از حد سیم بکسل می شود.

۸- سنسور مجاورتی B2: در هنگام کارهای تعمیراتی ، گاهی لازم می شود قلاب همراه با وزنه در ارتفاع بالا قرار گیرد لذا جهت جلوگیری از سقوط وزنه ، میله ای در نیمه مسیر قلاب قرار داده شده است تا با نزدیک شدن به سنسور B2 و تحریک رله K6 ، شرایط به وجود آمدن سقوط وزنه از بین برود و از لحاظ فیزیکی نیز مانع سقوط یا پائین آمدن وزنه شود.

۹- کلید فشاری S4 : حرکت قلاب به سمت بالا بدون وزنه میسر نمی شود مگر اینکه با فشار دادن همزمان کلید مذکور (که کنتاکت معمولاً باز K4 را از مدار خارج می کند) و کلید S3 ، فرمان حرکت قلاب به سمت بالا داده شود.

۱۰- آژیر A1 و لامپ H2 : وقتی شرایط اولیه جهت سقوط وزنه فراهم شود ، لامپ H2 ، به رنگ قرمز روشن شده و آژیر مذکور که روی جعبه کنترل است به صدا در می آید.

۱۱- کلید چند حالتی S8 : با وصل سوئیچ مذکور و تحریک رله K7 شرایط اولیه جهت سقوط وزنه به وجود می آید. در این هنگام آژیر نیز به صدا در می آید.

۱۲- کلید فشاری S7 : با به وجود آمدن شرایط لازم ، کلید S7 فرمان برقی شیر هوایی ، SV1 را داده ، با عملکرد یک جک هوایی یکطرفه وزنه از قلاب جدا شده و سقوط می کند.

دستورالعمل بهره برداری از دستگاه آزمایش سقوط آزاد

شرایط اولیه جهت شروع کار :

۱- کلید اصلی قدرت (Q1) در حالت روشن باشد .

۲- کلید S1 در حالت وصل باشد (در جهت عقربه های ساعت چرخانده شود) در این صورت لامپ H1 روشن می شود.

۳- میله فلزی در سوراخ ایجاد شده در یکی از ستونها نصب نباشد.

۴- شیر اصلی مدار هوا باز باشد (جهت تغذیه پنوماتیکی دستگاه)

با فرض اینکه وزنه قبلاً " افتاده باشد ، ترتیب عملیات جهت بهره برداری از دستگاه بشرح زیر است :

۱- فرمان پائین آمدن قلاب با فشردن دکمه S3 صادر شود.

۲- عمل پائین آمدن قلاب ادامه دارد تا اینکه قلاب به وزنه برخورد کرده دراین حالت کلید حدی S9 تحریک شده و موتور متوقف می شود. به علاوه میکروسوئیچ S10 فرمان روشن شدن لامپ H3 (به رنگ سبز) را جهت اطمینان یافتن از درگیری کامل قلاب و وزنه صادر می نماید.

۳- تا وقتی که لامپ H3 روشن است می توان با زدن کلید فشاری S2 فرمان بالا رفتن وزنه را صادر کرد.

۴- وزنه تا جایی که کلید حدی S6 نصب گردیده است بالا می رود و همینکه به آن برخورد کرد فرمان توقف موتور صادر می شود.

۵- در این حالت اپراتور می تواند نمونه آزمایش را در محل مخصوص قرار دهد تا با عملکرد سنسور نوری B1 یکی از شرایط آمادگی جهت سقوط وزنه فراهم شود. عملکرد این سنسور روی LED آن نشان داده میشود.

۶- اپراتور با چرخاندن کلید چند حالتی S8 در جهت عقربه ساعت دستگاه را جهت سقوط وزنه آماده می کند.

۷-در این حالت لامپ H2 به رنگ قرمز روی جعبه کنترل روشن شده و آژیر به صدا درمی آید و با فشردن کلید S7 عمل سقوط وزنه صادر می شود.

تذکره ۱: اگر اپراتور بخواهد قلاب را بدون وزنه بالا ببرد باید همزمان با فشردن S2 ، کلید فشاری S4 را نیز فشار دهد.

تذکره ۲: اگر اپراتور بخواهد جهت کار تعمیراتی ، قلاب با وزنه را در ارتفاع بالا قرار دهد ، جهت جلوگیری از پائین آمدن قلاب و وزنه میله ای درون یک سوراخ که روی یکی از ستونها ایجاد شده می گذارد تا با تحریک سنسور B2 توسط میله از لحاظ برقی هم امکان اجرای فرمان پائین آمدن سلب شود.

تذکره ۳: سمپل قرار داده شده در زیر دستگاه بایستی دقیقا در مرکز سمپل قرار گیرد و میتوان برای هر ضخامت سمپل گیر را کالیبره کرد.

برنامه تعمیرات پیشگیرانه

۱-بازدید از روغن جعبه دنده (در صورت نیاز افزودن روغن به آن)

۲-بازدید از سیم بکسل

۳-تمیز کردن سطح میله های راهنما

۴-آچارکشی پیچهای اتصال صفحات سربی وزنه ، کلمپ های نگهدارنده میله های راهنما ، سندان و چکش

۵-آچارکشی از پیچهای صفحات زیرین و قاب بالائی دستگاه

۶-بازدید از وضعیت ظاهری لاستیک های ضربه گیر و چکش و در صورت نیاز تعویض آنها

۷-بازدید از سیستم مکانیکی بالابر شامل قلاب و جک و بوشها

۸-کنترل عملکرد سیستم ایمنی و سنسور یک

۹-بازدید از ترمز موتور الکتریکی

۱۰-بازدید از بوشهای وزنه و سیستم بالابر و در صورت نیاز تعویض آنها

۱۱-اندازه گیری راستائی میله های راهنما

جهت کسب اطلاعات بیشتر با مدیریت سایت تماس بگیرید .