فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۳۹، سال دهم، ص ۱۴۲ - ۱۳۳

جام هوشمند از فناوریهای قدیمه ایران

یوسف یاسی، ریحانه گلزاری و ستاره اصفهانی
سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

چکیده: طرح "جام هوشمند تفکیک کننده آب و روغن" یکی از طرحهای برادران شاکر خراسانی، از جمله نوابغ ایرانی و سازنده دستگاههای خودکار در قرن سوم هجری، است[۴]. در گذشته، دانشمندان ایرانی در زمینه طراحی و ساخت ماشین آلات و ابزار مکانیکی گامهای بزرگی برداشته‌اند، لکن به دلیل گذشت زمان یا نبودن امکان ساخت، اساساً نمونه های ساخته شده‌ای از این دستگاهها در دسترس نیست و فقط نقشه های آن در نسخ خطی در موزه های مختلف مانند موزه واتیکان در ایتالیا و موزه توپکاپی در ترکیه نگه داری می‌شود[۱]. دستگاه تفکیک کننده آب و روغن با توجه به اختلاف چگالی دو سیال آب و روغن کار می‌کند که از طریق دو مجرای خروجی، آب و روغن را جدا می‌کند. این جام شامل تنگی با یک ورودی و دو خروجی است. در کف این تنگ پایه‌ای عمودی تعبیه و بر روی این پایه تیغه‌ای افقی قرار داده شده است که حرکت رفت و برگشتی به پایین و بالا دارد. در یک سمت این تیغه ظرفی استوانه‌ای شکل نصب شده که دارای دو لوله خروجی در دو طرف و مقابل هم است و در سمت دیگر آن وزنه‌ای آویخته شده است. تیغه از مرکز به پایه عمودی متصل است و گشتاور ایجاد شده توسط وزن سیال ریخته شده در ظرف بر حسب چگالی سیال، تیغه را به چپ یا راست متمایل می کند و لذا، سیال(آب یا روغن) از سمت مربوط به خود خارج می‌شود. این دستگاه تا به حال در ایران ساخته نشده و برای اولین بار توسط سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران در قالب پروژه‌ای تحقیقاتی با عنوان " طرح فناوریهای قدیمه ایران" در پژوهشکده مکانیک بر اساس مستندات موجود طراحی و ساخته شده است.

واژه‌های کلیدی: برادران بنو موسی، احمد بن موسی شاکر خراسانی،کتاب الحیل و جام هوشمند.

۱. مقدمه

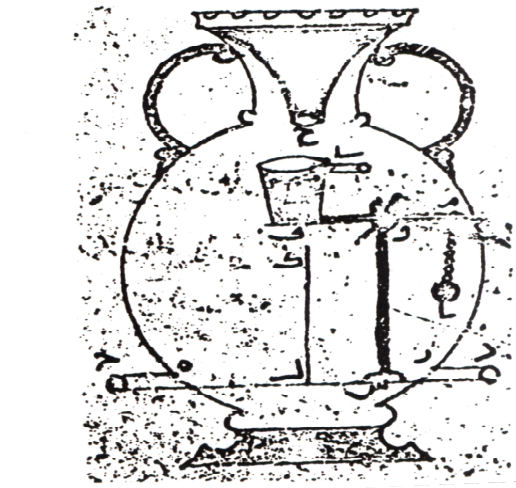
ابتکارات خارق العاده مکانیکی یا الحیل کتابی است که حدود سال۲۳۶ هجری برابر با ۸۵۰ میلادی در شهر بغداد به زبان عربی نوشته شده است[۱ ,۲و۴]. این کتاب اعجازآمیز و کم نظیر است و تعداد زیادی از دستگاههای خودکار عجیب و جالب در آن معرفی شده است.

سه نسخه خطی اصلی و دو شرح از نوشته **کتاب الحیل** هم اکنون وجود دارد که عبارت‌اند از: نسخه واتیکان در ایتالیا، نسخه برلین گوتا و نسخه سوم در توپکاپی ترکیه[۳,۱]. کارهای این کتاب در دوره اسلام عهد میانه از شهرت فراوانی برخوردار بوده است و هم اکنون نیز چنین است.

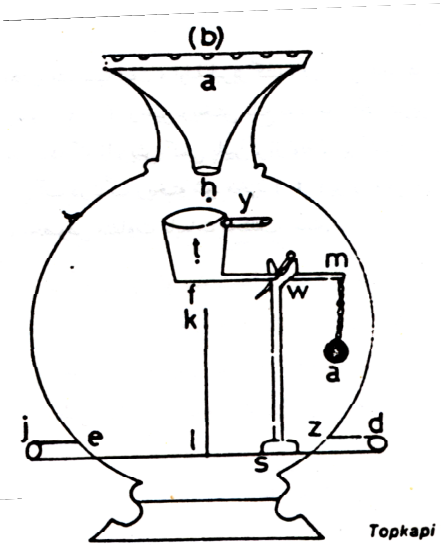
نسخه توپکاپی یکی از قدیمی‌ترین و بهترین نسخ موجود از کتاب‌الحیل به شمار می‌آید و متن آن تقریباً کامل و خط آن زیبا و از شکلهای واضح برخوردار است[۱]. تاریخ نگارش این نسخه نا معلوم است لکن بخش اعظم این نسخه در کار مطالعه و تحقیق می‌تواند مفید واقع شود.

کتاب الحیل اثر احمد بن موسی بن شاکر خراسانی، یکی از سه فرزند موسی بن شاکر خراسانی، است.خانواده بنو موسی [بنو به معنی فرزندان] از شخصیتهای مهم سیاسی و علمی بودند که در بغداد زندگی می‌کردند و بدون شک، در گشایش دروازه‌های علم و صنعت به روی دنیای اسلام ایفاگر نقشی مهم بوده‌اند[۱].

یکی از ابتکاراتی که در نوع خود و حتی در میان سایر ابداعات مذکور در **کتاب الحیل** کم نظیر است، تنگ "هوشمند" تفکیک کننده آب و روغن است. واژه "هوشمند " از آن نظر به این تنگ اطلاق شده که قادر است بر حسب چگالی سیال ماهیت آن را تشخیص دهد و آن را در سمت مرتبط با آن سیال تخلیه کند. این تفکیک کننده کاملاً مکانیکی عمل می کند و روابط سیالاتی در ارتباط با آن کاربرد چندانی ندارد و عمدتاً گشتاور ایجاد شده در ظرف حاوی سیال تصمیم گیرنده برای دوران است. در شکل۱ و ۲ تصاویر این تنگ، که به ترتیب از نسخ اصلی تصویر برداری شده و دیگری از روی آن به وضوح ترسیم شده، نشان داده شده است.



شکل ۱: تصویر اصلی جام هوشمند از نسخه توپکاپی کتاب الحیل



شکل۲: تصویر بازسازی شده جام هوشمند از نسخه توپکاپی کتاب الحیل

۲.شرح دستگاه

بر اساس آنچه در شکلهای ۱ و۲ مشاهده می‌شود و با توجه به توضیحات ارائه شده در **کتاب الحیل**، این دستگاه شامل تنگی است که در داخل و از وسط به وسیله تیغه ای به دو بخش مجزا تقسیم شده که هر بخش توسط مجرایی به بیرون متصل می شود (بخشهای۱ و ۲). در یک طرف از این تیغه پایه‌ای قرار دارد که بر روی آن تیغه‌ای افقی قرار دارد که در یک طرف آن وزنه تعادل (m) و درطرف دیگر ظرف (t) برای ریخته شدن سیال نصب شده است. در بالای ظرف لوله‌ای ست که می تواند سیال داخل ظرف را به هر یک از دو بخش تنگ تخلیه کند. البته، تخلیه این ظرف در هر یک از دو بخش تنگ بر اساس چگالی سیال و انحراف و دوران تیغه تعادل (p) حول نقطه (w) به طرف هر یک از دو بخش ۱ یا ۲ صورت می پذیرد.

خاطر نشان می‌شود که سیال از طریق دهانه تنگ و قیفی که زیر دهانه نصب شده است، به طور مستقیم وارد مخزن (t) می‌شود و بر حسب چگالی آن در یکی از دو بخش ۱ یا ۲ تنگ تخلیه و از طریق مجرای مربوط به بیرون از تنگ هدایت می‌شود.

۳. عملکرد دستگاه

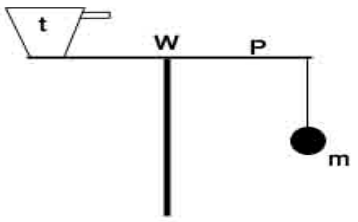
مطابق متون دست نوشته موجود در موزه های توپکاپی و واتیکان و با توجه به شکل ۲، پس از ریختن روغن از طریق قیف (a) سیال به درون مخزن (t) می‌ریزد و چون چگالی روغن کمتر از آب است؛ تعادل تیغه (p) به سمت وزنه (m) به هم می‌خورد و روغن از طریق لوله (y) به بخش شماره ۲ تنگ تخلیه می‌شود (۱). در صورتی که به جای روغن در مخزن آب ریخته شود، مخزن به سمت بخش شماره ۱ تنگ منحرف می‌شود و آب را در آن تخلیه می‌کند. این تفاوت عملکرد صرفاً بر مبنای چگالی سیال است که به داخل تنگ ریخته می‌شود.

٤. معایب عملکرد

مدل فرایند چنانچه دستگاه مطابق شکل ۲ ساخته شود، بدیهی است که ورود هر گونه سیال به داخل ظرف (t) بدون توجه به چگالی سیال باعث به هم خوردن تعادل تیغه (p) حول نقطه (w) می شود و به هر حال، ظرف (t) در بخش (۱) تنگ تخلیه می‌شود.

۵. اصلاح طراحی دستگاه

مطابق آنچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود، گشتاور حول نقطه(w) برابر خواهد بود با:



شکل ۳

$$M\ w = t.\ (d1) - m.\ (d2) = 0$$

که در نتیجه:

$$t.d1 = m.d2$$

در اینجا

M = وزن سیال (N)

g = شتاب ثقل m/s^2

d1 = فاصله مرکز ظرف t تا نقطه w (m)

d2 = فاصله محور وزنه m تا نقطه w (m)

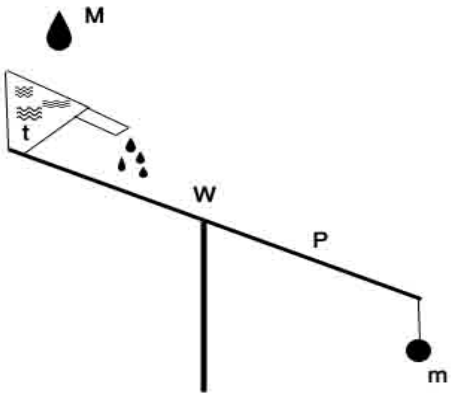
t = وزن ظرف t (N)

m = وزن وزنه m (N)

افزوده شدن هر مقدار سیال به وزن (M) به سمت چپ تساوی باعث به هم خوردن تعادل به سمت (M) می‌شود و در واقع:

$$(M + t).\ d_1 > m.d_2$$

اما اگر چنانچه قبل از ریختن سیال(M) تعادل در سیستم وجود نداشته باشد و تیغه (p)از بدو کار به سمت بخش ۲ تنگ منحرف شود، سیال(M) در صورت داشتن چگالی کمتر از آب، [مثل روغن]، ظرف (t)را پر می‌کند و بدون بر هم خوردن وضعیت تعادل سیستم در بخش ۲ تنگ تخلیه می‌شود. (شکل ۴).



شکل (٤)

یعنی در واقع، همواره قبل از ریختن روغن در ظرف (t)؛

$$(M+t).d1<m.d2$$

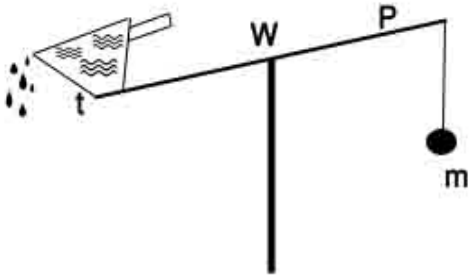
یا به صورت دقیق تر می‌توان گفت:

$$(m+t).\cos\beta).\ d1< (m\ .d2).\ \cos\beta$$

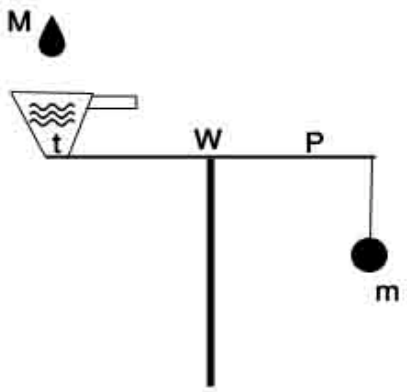
که در اینجا (β) زاویه انحراف تیغه p نسبت به خط افق است. اما چنانچه این بار آب بـه داخل ظرف (t) ریخته شود، با بالا آمدن سطح آب در مخزن (t) به دلیل سنگینی چگالی آب به آرامی وزن مجموعه (t) و سیال درون آن به وزن وزنه تعادل (m) نزدیک می‌شود تا جایی که این دو مقدار پیش از پر شدن مخزن (t) با هم برابر می‌شوند کـه در آن صـورت بـا فـرض ناچیز بودن اصطکاک در نقطه (w) خواهیم داشت:

$$(m+t).\cos\beta.\ d1= (m.\ d2).\cos\beta$$

از این پس با افزود ه شدن سیال (M) به مخزن (t) تعاد ل به نفـع سـمت چـپ شکل ۵ به هم می خورد و تیغه(p) به سمت مخـزن(t) منحـرف و آب در بخـش ۱ مخـزن تنگ تخلیه می‌شود (شکل ۶).



شکل(۵)



شکل (٦)

در واقع، رابطه ریاضی زیر برقرار می‌شود:

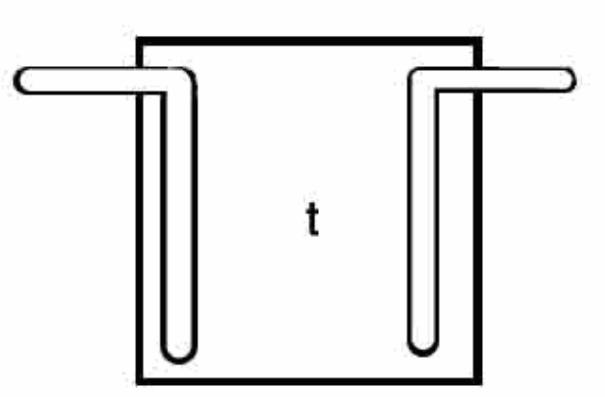
$$(M + t).\cos\beta \; .d1 > (m.\, d2).\cos\beta$$

البته، با ثابت نگه داشتن حجم مخزن (t) اندازه‌ها d1, محاسبه وزنـه m و فاصـله d2 بـر حسب چگالی دو سیال مورد آزمون قابل محاسبه خواهند بود.

٦. ساخت نمونه وآزمون

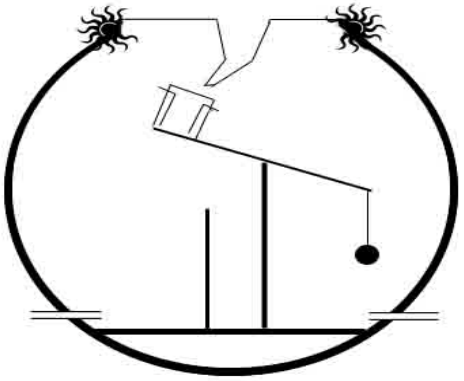
بر اساس آنچه گفته شد، نمونه دستگاه اصلاح، طراحی مجدد و ساخته شد و تحت آزمون قرار گرفت. این آزمونها بیانگر صحت عملکردی دستگاه مطابق با شکل قید شـده در **کتاب الحیل** است که بدین ترتیب، در صورت ریختن روغن در تنگ روغن از سمت راست دستگاه (بخش ۱ تنگ) و در صورت ریختن آب در آن آب از سمت چپ تنگ (بخش۲ تنگ) خارج می‌شود.

شایان ذکر است که به منظور عملکرد هر چه بهتر دستگاه، بهتر است که مخزن (t) به دو لوله خروجی، که به شکل سیفونی ساده و در دو سوی مخزن (t) نصب می‌شود [از این نوع سیفون احمد بن موسی در طرحهای مختلف در **کتاب الحیل** استفاده کرده است]، به منظور تخلیه کامل مخزن مجهز شود. در شکل ۷ جزئیات مربوط به مخزن نشان داده شده است.



شکل ۷: مخزن اصلاح شده مجهز به دو سیفون ساده

بدین ترتیب، شکل نهایی تنگ هوشمند پیش از آغاز آزمون به شکل نشان داده شده در شکل ۸ خواهد بود.



شکل۸: شکل نهایی جام هوشمند با قابلیت تفکیک سیالات بر اساس چگالی آنها

۷. عوامل موثردر عملکرد دستگاه

به طورکلی، عواملی که می‌توانند در عملکرد صحیح دستگاه و توانایی تشخیص و تفکیک آن بین دو یا چند سیال مختلف نقش داشته باشند، به شرح زیر است:

الف. وزن؛ وزنه تعادل (m) نسبت به وزن مخزن (t) و سیالهای درون آن؛

ب. فاصله نصب وزنه تعادل(m) تا محور دوران(w)؛

پ. زاویه انحراف محور تعادل (p) نسبت به خط افق(زاویه β). چنانچه این زاویه بیش از حد متعارف باشد، سیال سنگین‌تر قادر به بازگردانیدن محور تعادل به سمت دیگر تنگ نخواهد بود.

۸. نتیجه گیری

طرح تنگ هوشمند با قابلیت تفکیک سیالات با چگالیهای مختلف با اعمال پاره‌ای اصلاحات جزئی قابل اجرا ست و با در نظر گرفتن این اصلاحات نمونه عملکردی آن ساخته و با موفقیت آزمایش شده است و لذا، شکل نهایی و عملکردی دستگاه مطابق با شکل(۸) خواهد بود.

مراجع

۱. سرفراز غزنی ، **ابتکارات خارق العاده مکانیکی یا کتاب الحیل**؛ مؤسسه چاپ و انتشارات استان قدس رضوی، چاپ اول،۱۳۷۲.

2. Bir, Atilla, **Kitab Al Hial,** Research Center for Islamic History, Art and culture-Istanbul, 1990.

۳. غزنی، سرفراز، **سخنی در باره کتاب الحیل، کنگره بین المللی علم و تکنولوژی در جهان اسلام**، تهران: دانشگاه تهران، صص۱۵۹- ۱۵۸، ۱۳۷۲.

۴.غلامحسین دانشی، "پیشرفتهای مهندسی مکانیک در ایران قدیم"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال نهم، شماره ۳۳، بهار ۱۳۸۶.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۲/۲)
(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۳/۷)