# بررسی اثر به کارگیری لایه های پیزوالکتریک بر خیز استاتیکی ورق های دایروی

**علی اصغر جعفری[۱]، علی اکبر جندقیان[۲]**

**۱- تهران- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- دانشکده مهندسی مکانیک**

**۲- تهران- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- دانشکده مهندسی مکانیک**

aliakbar_jandaghian@yahoo.com

**خلاصه**

در این مقاله یک حل دقیق برای تعیین خیز استاتیکی یک ورق نازک دایروی که سطوح بالایی و پایینی آن با لایه های پیزوالکتریک پوشیده شده، بر پایه تئوری کلاسیک ورق ها ارائه شده است. پتانسیل الکتریکی بر روی سطوح لایه های پیزوالکتریک صفر است و فرض می شود که میدان پتانسیل الکتریکی معادله ماکسول را ارضا کند. معادلات حرکت برای شرایط مرزی ساده و گیردار حل شده و پاسخ ها بر اساس توابع بسل بیان می شوند. بررسی نتایج نشان می دهد که لایه پیزوالکتریک تاثیر مهمی را بر روی خیز دارد و با افزایش ضخامت آن خیز ورق کاهش می یابد. برای صحه گذاری نتایج بدست آمده در این مقاله، از مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج حاصله از نرم افزار آباکوس استفاده شده است.

**کلمات کلیدی: ورق دایروی، مواد پیزوالکتریک، تئوری کلاسیک ورق ها**

## ۱. مقدمه

ورق ها و صفحات نازک در مسائل مختلف مهندسی کاربرد فراوان دارند و اغلب آنها تحت بارهای دینامیکی و استاتیکی مختلفی قرار می گیرند. از جمله ورق ها، ورق های دایروی هستند که در شاخه های مختلف مهندسی از جمله مهندسی سازه، دریا، مکانیک و هوافضا کاربرد دارد. از این رو مطالعه رفتار استاتیک ورق ها و یافتن خیز و تنش های به وجود آمده در آنها به عنوان مهم ترین عامل در طراحی استاتیک سازه ها، ضرورت دارد.

پیشرفت علم و تکنولوژی همواره با مطرح شدن نیازهای جدید همراه است. یکی از تازه ترین این پیشرفت ها استفاده از ماد هوشمند در سازه ها است. ماده ای که می تواند یک یا چند تحریک خارجی مانند فشار، دما، ولتاژ، میدان های الکتریکی و مغناطیسی را حس کرده و به آن پاسخ دهد، ماده هوشمند نامیده می شود. رایج ترین این مواد پیزوالکتریک ها می باشد. در طی چندین سال اخیر در زمینه توسعه ی سازه های انعطاف پذیر با کارایی بالا و وزن کم، ساختارهایی با قابلیت خود کنترلی و خود نمایشگرانه مطرح شده است. چنین قابلیت هایی با به کارگیری تاثیرات مستقیم و معکوس مواد پیزوالکتریک به صورت حس گر و محرک های کوپل شده با سازه ها حاصل می شود[۱،۲]. این سازه ها به سازه های هوشمند شناخته می شوند. در حالت حس گری، تغییر شکل های مکانیکی یا حرارتی ایجاد شده در سازه را می توان با اندازه گیری پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در ماده پیزوالکتریک بدست آورد، که به آن خاصیت مستقیم پیزوالکتریک گفته می شود و در حالت عمل گری یا محرک تغییر شکل یا کرنش سازه را می توان با اعمال پتانسیل الکتریکی مناسب به ماده پیزوالکتریک کنترل نمود که همان خاصیت معکوس ماده پیزوالکتریک می باشد. از این رو سازه های هوشمند با استفاده از اثرات مستقیم و معکوس مواد پیزوالکتریک شرایطی را برای تطبیق سازه با محیط پیرامون خود فراهم می آورد[۳،۴،۵].

مرجع [۶] به کنترل ارتعاشات جانبی تیر یک سرگیردار با استفاده از روش المان محدود و مدل سازی بر مبنای تیر اویلر- برنولی پرداخته است. کنترل ارتعاشات تیر با استفاده از مواد پیزوالکتریک به عنوان حس گر و عمل گر در مراجع [۷و۸] مورد بررسی قرار گرفته شده است. بر پایه تئوری کلاسیک ورق ها(CPT)[1]، وانگ و همکارانش [۹] راه حل تحلیلی برای ارتعاشات آزاد ورق دایروی کوپل شده با لایه های پیزوالکتریک ارائه کردند.

جهت استفاده ی موثر از مواد پیزوالکتریک داشتن درک صحیحی از رفتار این مواد ضروری می باشد. تحلیل سازه هایی که در آنها از مواد پیزوالکتریک چه به عنوان حس گر و چه به عنوان عمل گر استفاده شده است در سال های اخیر بسیار مورد توجه بوده است. از این رو در این مقاله سعی شده است یک حل دقیق برای خیز یک ورق دایروی کوپل شده با لایه ای پیزوالکتریک بر پایه تئوری کلاسیک ورق ها برای شرایط مرزی ساده و گیردار ارائه شود.

[1] Classical Plate Theory